

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**Disertación previa a la obtención del título de Economista**

***Análisis de la Eficiencia del Mercado de Valores Ecuatoriano en el  
Periodo 2002 - 2013***

Leonardo Andrés Ochoa Ruiz  
laochoaruiz@gmail.com

Directora: M. Cristhina Llerena  
cllerena@economica.com.ec

Quito, Septiembre de 2014

## **Resumen**

La presente disertación estudia los métodos cuantitativos para analizar la eficiencia de información de los mercados de valores, con la finalidad de evaluar la situación de eficiencia del mercado ecuatoriano. La hipótesis de eficiencia del mercado, una de las teorías más trascendentes en economía financiera, señala que los precios de activos financieros de renta variable, acciones, siguen una caminata aleatoria, es decir no tienen memoria y no se pueden predecir. Se analiza pues las series de índices de precios del mercado ecuatoriano en busca de memoria de corto y largo plazo. La memoria de corto plazo se estudia con herramientas corrientes de econometría de series de tiempo: coeficientes de autocorrelación; en cambio la memoria de largo plazo, las correlaciones existentes sobre todas las escalas de tiempo, se evalúan por medio del coeficiente de Hurst, que mide la autosimilaridad de las series a través del escalamiento en distintas escalas de tiempo y constituye un estimador de la dimensión fractal. Se construye un índice de eficiencia de información. Los resultados muestran evidencia de memoria en los índices de precios del mercado de valores ecuatoriano en el periodo estudiado, no obstante se contextualiza estos hallazgos con otros mercados de la región.

**Palabras clave:** mercado de valores, eficiencia del mercado, hipótesis de eficiencia del mercado, series de tiempo, memoria de corto y largo plazo, coeficiente de Hurst.

*A mi familia, amigos y maestros.*

# **Análisis de la Eficiencia del Mercado de Valores Ecuatoriano en el Periodo 2002 – 2013**

<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>Metodología de Investigación.....</b>	<b>9</b>
<b>Fundamentación Teórica.....</b>	<b>11</b>
El Sistema Financiero.....	11
Mercado de Valores .....	12
Eficiencia del Mercado de Valores .....	13
Hipótesis de Eficiencia del Mercado .....	16
El Problema de la Hipótesis Conjunta .....	18
Relación de La Hipótesis de Eficiencia de Mercado con otros Modelos Financieros.....	18
Métodos de Comprobación de la Hipótesis de Eficiencia del Mercado.....	19
Análisis de Memoria de Corto Plazo .....	25
Análisis de Memoria de Largo Plazo.....	28
Coeficiente de Hurst.....	28
Análisis de Rangos Reescalados ( <i>Rescaled Range Analysis</i> ).....	30
Análisis de Fluctuaciones sin Tendencia ( <i>Detrend Fluctuation Analysis</i> ).....	33
Aproximaciones Empíricas con la misma Problemática .....	36
<b>Algoritmos De Cálculo Del Coeficiente De Hurst .....</b>	<b>40</b>
Caminata Aleatoria.....	40
Serie Persistente.....	41
Serie Antipersistente.....	43
<b>El Mercado De Valores Ecuatoriano .....</b>	<b>46</b>
Volumen total negociado .....	47
Volumen negociado por tipo de renta .....	49
<b>Resultados del Análisis de Eficiencia del Mercado de Valores Ecuatoriano.....</b>	<b>54</b>
Índices de Precios del Mercado Ecuatoriano .....	54
Descripción de los Datos .....	58
Memoria de Corto Plazo.....	60
Memoria de Largo Plazo.....	63
Índice de Eficiencia de Mercado .....	66
<b>Conclusiones .....</b>	<b>69</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>71</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>72</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>75</b>

## Índice de tablas

Tabla 1: Interpretación de resultados para el coeficiente de Hurst .....	30
Tabla 2: Estimación del coeficiente de Hurst para caminata aleatoria (500 simulaciones).....	41
Tabla 3: Estimación del coeficiente de Hurst para series persistentes (500 simulaciones).....	43
Tabla 4: Estimación del coeficiente de Hurst para series antipersistentes (500 simulaciones) .....	45
Tabla 5: Transacciones de renta variable: porcentaje del PIB, promedio 2002 - 2012.....	52
Tabla 6: Emisores representativos que componen el IPECU-BVG .....	55
Tabla 7: Emisores representativos que componen el ECUINDEX.....	57
Tabla 8: Estadísticos descriptivos, series a nivel .....	58
Tabla 9: Análisis de Estacionariedad .....	62
Tabla 10: Análisis de memoria de largo plazo .....	64
Tabla 11: Análisis de eficiencia de mercado de valores, comparación con otros mercados .....	65

## Índice de Gráficos

Gráfico 1: Diagrama de flujos de capital en el sistema financiero .....	12
Gráfico 2: Niveles de Información de la Hipótesis de Eficiencia del Mercado .....	17
Gráfico 4: Proceso de ruido blanco y caminata aleatoria .....	22
Gráfico 5: Correlograma de una serie de ruido blanco y caminata aleatoria .....	27
Gráfico 6: Serie de retornos logarítmicos dividida en 12 bloques .....	31
Gráfico 7: Ejemplo de doble escala logarítmica de $\log(R/S)_i = \log c + H \log(n)$ .....	33
Gráfico 8: Serie de caminata aleatoria dividida en 12 bloques.....	34
Gráfico 9: Polinomios de ajuste por bloque .....	35
Gráfico 10: Serie de caminata aleatoria .....	40
Gráfico 11: Serie persistente (tendencia positiva) .....	42
Gráfico 12: Serie persistente (tendencia negativa) .....	42
Gráfico 13: Serie antipersistente (media móvil del error) .....	43
Gráfico 14: Serie antipersistente (sinusoide) .....	44
Gráfico 15: Instituciones del mercado de valores entre Guayaquil y Quito 2013* .....	46
Gráfico 16: Número de emisores por bolsa .....	47
Gráfico 17: Monto total de transacciones por bolsa de valores .....	48
Gráfico 18: Transacciones por bolsa de valores (porcentaje del PIB) .....	49
Gráfico 19: Transacciones por tipo de renta .....	50
Gráfico 20: Tasa de crecimiento del volumen de transacciones por tipo de renta .....	51
Gráfico 21: Transacciones de renta fija por bolsa de valores .....	52
Gráfico 22: Transacciones de renta variable por bolsa de valores .....	52
Gráfico 23: IPECU-BVG y ECUINDEX global, serie a nivel .....	59
Gráfico 24: Subíndices ECUINDEX sectoriales, serie a nivel .....	60
Gráfico 25: Series de retornos logarítmicos .....	61
Gráfico 26: Autocorrelaciones de series a nivel y retornos logarítmicos.....	63
Gráfico 27: Índice de eficiencia de mercado, Ecuador .....	66
Gráfico 28: Índice de eficiencia de mercado, región latinoamericana.....	67

## ***Glosario de términos***

**Arbitraje:** En un contexto intertemporal y de predicción de precios, arbitraje es la compra y venta de un activo para beneficiarse del diferencial del precio presente y futuro. La oportunidad es creada al conocer el comportamiento futuro del precio de un activo, como consecuencia de ineficiencias de mercado.

**Caminata aleatoria:** Proceso estocástico formado por una suma acumulada de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas. El movimiento browniano es un ejemplo de caminata aleatoria.

**Coefficiente de Hurst:** Describe el escalamiento de la varianza de una serie de tiempo. Es utilizado para el análisis de independencia, al medir la memoria de largo plazo. El coeficiente  $H$  tiene un rango de 1  $[0, 1)$ . Una serie con un coeficiente de Hurst ( $H$ ) de 0,5 corresponde a una serie perfectamente aleatoria, mientras que una serie con un  $|H| \neq 0,5$  indica tendencia; específicamente un  $H > 0,5$  indica una serie persistente, es decir que, mientras que un  $H < 0,5$  aparece en series antipersistentes.

**Dimensión fractal:** Representa la estructura geométrica de la variable de análisis, es decir si esta es “suave” como una recta o “rugosa”. A diferencia de las dimensiones enteras de la geometría normal, la dimensión fractal puede ser un número racional como  $3/2$ .

**Eficiencia de información:** Eficacia con que la información es utilizada en la determinación de los precios en un mercado de valores, específicamente instrumentos de renta variable. En un mercado de valores eficiente, el precio de los valores refleja toda la información relevante.

**Global (series de tiempo):** Se refiere a la serie en su totalidad.

**Local (series de tiempo):** Se refiere a la serie por intervalos o en escalas específicas.

**Memoria (series de tiempo):** Es la dependencia de una serie consigo misma. Una serie con memoria está en función de sí misma.

**Ruido blanco:** Proceso estocástico puramente aleatorio.

**Serie antipersistente:** Serie de tiempo con tendencia, positiva o negativa, la cual es más probable que se revierta en el tiempo.

**Serie persistente:** Serie de tiempo con tendencia, positiva o negativa, la cual es más probable que continúe.

## ***Introducción***

El Ecuador cuenta con un mercado de valores pequeño en proporción al tamaño de su economía. Las causas para el escaso desarrollo del mercado de valores ecuatoriano conciernen a la interacción tanto de los agentes prestamistas como de los prestatarios. En el caso de los prestamistas, que son emisores de títulos valores (por ejemplo acciones o bonos) como empresas o el Estado, no consideran conveniente el financiamiento directo y prefieren hacerlo a través de intermediarios financieros, mayormente a través de bancos comerciales; por otro lado los prestatarios, en su mayor parte hogares, no optan por la inversión en el mercado de valores debido a la iliquidez de los valores, las bajas tasas de retorno, entre otras razones alimentadas también por la falta de desarrollo de una cultura de ahorro e inversión y el desconocimiento del mercado de valores. La situación del mercado de valores ecuatoriano es similar a los mercados de la región: poco maduros, faltos de liquidez, y pequeños en relación al PIB.

Al margen de las características de los mercados, cómo se comporta la información relevante es un tema importante para clasificar su grado de desarrollo. La literatura concuerda que la eficiencia de los mercados es deseable por su impacto positivo en el desempeño económico del país. Los mercados típicamente considerados son el mercado de bienes y servicios, de trabajo, y de capital. Este último mercado, que incluye a los mercados de valores, permite que los recursos sean movilizados de manera óptima hacia las actividades económicas más productivas.

En sentido amplio la eficiencia de los mercados se refiere al grado de cumplimiento de los requisitos de mercado perfecto, esto son por ejemplo: libertad de los negocios, alto nivel de competencia, baja concentración de la oferta, existencia y eficacia de leyes que garanticen un entorno estable y saludable para los negocios, etc. Por ende estos requisitos llevan a minimizar la asimetría de información del mercado, de tal manera que los precios de mercado asignen de la mejor manera los recursos de la economía.

Las economías mundiales desarrolladas se caracterizan por mercados de valores complejos, interconectados y dinámicos, en los que diariamente se transa altas sumas de capital; sin duda este elemento ha resultado esencial para su éxito económico. Fue en las economías desarrolladas donde surgieron inquietudes concernientes a la eficiencia de los mercados, que arrojaron estudios positivos sobre cómo medirla. En los últimos años el análisis de la eficiencia de los mercados de valores ha sido un tema popular también en los países emergentes y en vías de desarrollo.

La eficiencia del mercado de valores se mide al analizar la eficacia de la transmisión de información, la cual queda registrada en la fluctuación de los precios de los activos financieros, capturados de manera agregada por los índices de precios, como el DJIA de la bolsa de valores de Nueva York, el IBOVESPA de la bolsa de valores de Sao Paulo, o el ECUINDEX de la bolsa de valores de Quito.

Como advierte la literatura, la eficiencia perfecta no existe, por lo que se prevé evaluar la eficiencia de manera comparativa, tanto internamente, a nivel de los sectores económicos cotizantes en las bolsas de valores de Guayaquil y Quito, como en relación a países de la región.

La presente investigación se ha estructurado de la siguiente manera: La fundamentación teórica reseña la teoría más relevante a la presente disertación, tratando los temas del origen teórico del sistema financiero, al cual pertenecen los mercados de valores, la teoría de eficiencia del mercado, la cual se articula en la hipótesis de eficiencia de mercado. Se examinan las técnicas utilizadas para comprobar la eficiencia del mercado, las cuales ahora se emplean para evaluar el grado de eficiencia de mercados específicos. Finalmente se hace referencia a investigaciones con temática relevante al análisis de eficiencia del mercado de valores.

En el primer capítulo se estudia los algoritmos de estimación del coeficiente de Hurst por medio de series simuladas, para comprobar sus propiedades teóricas, su precisión, y calibrar los parámetros para la posterior implementación.

El segundo capítulo corresponde al estudio descriptivo de la actividad económica del mercado de valores ecuatoriano. Se investiga la relevancia del mercado en la economía del país, la actividad de las bolsas de valores de Guayaquil y Quito, las instituciones que complementan el mercado, y los tipos de activos financieros transados.

Por último, el tercer capítulo explora los resultados del análisis de la eficiencia de información del mercado de valores ecuatoriano, lo que supone el estudio del comportamiento general de los precios de acciones en busca de memoria de corto y largo plazo. Los resultados se presentan contextualizados por sectores económicos, además de comparativamente con mercados de la región.

El análisis realizado evidencia la existencia de memoria en los índices de precios del mercado de valores ecuatoriano durante el periodo 2002-2013, lo que señala que el mercado de valores ecuatoriano presenta ineficiencias, en el sentido que no toda la información relevante se transmite eficazmente a los participantes del mercado. Sin embargo, en el contexto de mercados de valores latinoamericanos estudiados, Ecuador ocupa el segundo lugar después de Brasil al clasificar los mercados por su nivel de eficiencia de información.

## ***Metodología del Trabajo***

La presente disertación estudia la eficiencia del mercado de valores ecuatoriano, en el periodo comprendido entre enero de 2002 a septiembre de 2013, contándose por lo tanto con más de una década de datos diarios (días de bolsa) para la aplicación de las metodologías pertinentes.

Se recopila entonces información cuantitativa de los mercados organizados en las bolsas de valores de Guayaquil y Quito. Estos datos provienen de fuentes primarias; para el estudio descriptivo se recolectó la información referente a volúmenes negociados por tipo de activo financiero desde las bases públicas de la Superintendencia de Compañías, mientras que las series de índices bursátiles de renta variable fueron provistos directamente por las bolsas de valores de Guayaquil y Quito. Para el análisis comparativo de la situación de eficiencia del mercado de valores ecuatoriano se construyó una base de datos correspondiente a las series de índices bursátiles de mercados de la región, cuya fuente es YAHOO FINANCE y páginas web de las bolsas de valores en cuestión.

El tratamiento a la información recopilada de series de tiempo comprende la aplicación de metodologías para evaluar la presencia de memoria de corto y largo plazo, es decir, medir su grado de aleatoriedad. Siguiendo los procedimientos aplicados en la literatura moderna revisada, se transformó las series a retornos logarítmicos. Una vez comprobada la Estacionariedad de las nuevas series, para capturar la memoria de corto plazo se utilizó los coeficientes de autocorrelación, mientras que para la memoria de largo plazo se estimó el exponente de Hurst, por medio de los métodos de análisis de rangos reescalados y análisis de fluctuaciones sin tendencia.

En base a esta metodología, la presente disertación responde las siguientes preguntas de investigación:

### **Pregunta General:**

¿Cuál es el grado de eficiencia de información en el mercado de valores ecuatoriano en el periodo 2002 – 2013?

### **Preguntas Específicas:**

- I. ¿Qué métodos existen para medir la eficiencia de información de los mercados?
- II. ¿Cuál fue la actividad económica del mercado de valores ecuatoriano en el periodo 2002 – 2013?

- III. ¿Qué grado de eficiencia de información se observa en las bolsas de valores ecuatorianas en el periodo 2002 – 2013?
- IV. ¿Cuál es la situación de eficiencia de los sectores económicos emisores de acciones en el periodo 2002 – 2013?
- V. ¿Cuál es la situación de eficiencia del mercado de valores ecuatoriano en el contexto regional?

Estas preguntas generan los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Evaluar la eficiencia de información del mercado de valores ecuatoriano en el periodo 2002 – 2013.

### **Objetivos Específicos**

- I. Estudiar los métodos existentes para medir la eficiencia de información de los mercados.
- II. Estudiar la actividad económica del mercado de valores ecuatoriano en el periodo 2002 – 2013.
- III. Evaluar el grado de eficiencia que tuvieron las bolsas de valores de Guayaquil y Quito en el periodo 2002 – 2013.
- IV. Analizar la situación de eficiencia del mercado de valores ecuatoriano en el contexto regional.

## ***Fundamentación Teórica***

A continuación se reseña la teoría más relevante a la presente disertación. En la primera sección se trata el origen teórico del sistema financiero, al cual pertenecen los mercados de valores. En la segunda sección se revisa la teoría de eficiencia del mercado, la cual se articula en la hipótesis de eficiencia de mercado, una de las teorías más influyentes en la economía financiera, que además sirve de fundamento para gran parte de los métodos cuantitativos utilizados en finanzas.

La hipótesis de eficiencia del mercado se fundamenta en el efecto de la información en el mercado de valores, y sus consecuencias han sido estudiadas durante más de un siglo; en la tercera sección de este capítulo se examina las técnicas utilizadas para comprobar la eficiencia del mercado, las cuales ahora se emplean para evaluar el grado de eficiencia de mercados específicos; para esto, se revisa los conceptos y métodos relacionados. Finalmente en la última sección se hace referencia a investigaciones con temática relevante al análisis de eficiencia del mercado de valores.

### ***El Sistema Financiero***

El sistema financiero resuelve el problema de financiamiento de las actividades productivas y el consumo intertemporal<sup>1</sup> de una economía. Los agentes económicos deseosos de emprender un proyecto con un cierto grado de riesgo tienen dos maneras de obtener los fondos necesarios para su empresa (Gráfico 1). Por un lado pueden optar por el financiamiento indirecto a través de intermediarios financieros como bancos o recurrir al financiamiento directo por la vía de emisión de títulos valores como por ejemplo deuda o acciones, entrando de esta manera en el mercado financiero<sup>2</sup>.

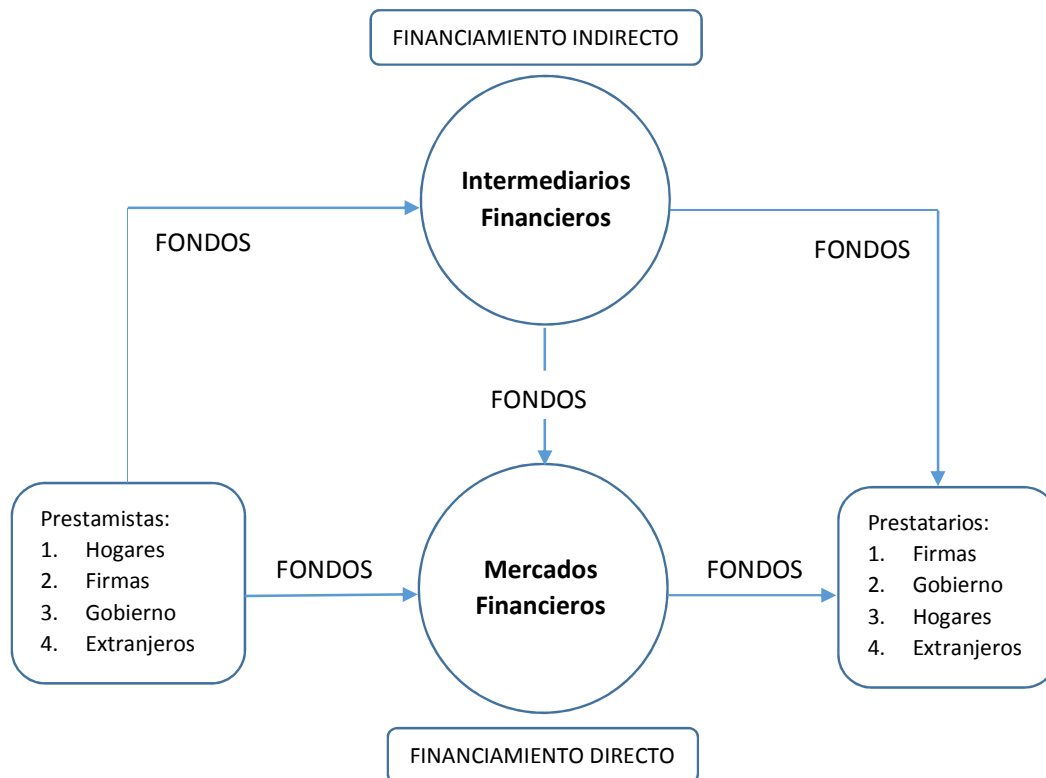
El sistema financiero por ende cumple con la función de captar recursos económicos de los agentes económicos con excedentes y dirigirlos a quienes buscan financiamiento, ya sea directamente, al converger prestamistas y prestatarios en el mercado financiero, o por medio de intermediarios financieros como bancos. El sistema financiero, sobre todo a través de los intermediarios financieros, incrementa la eficiencia de la obtención de capital al reducir los costos (como costos de tiempo) en los que de otra manera incurrirían tanto ahorradores (prestamistas) como prestatarios en coincidir y unir sus necesidades. El sistema financiero es fundamental en una economía de mercado, existiendo evidencia empírica de que este promueve el crecimiento económico (King y Ross, 1993).

---

<sup>1</sup> Ciertos agentes económicos, como las familias, pueden financiarse en el sistema financiero (préstamos) para financiar el consumo de bienes o servicios relativamente costosos (como bienes inmuebles) que de otro modo requerirían excesivo tiempo de ahorro.

<sup>2</sup> En el mercado de valores ecuatoriano, de acuerdo a la Ley de Mercado de Valores, podrán realizar oferta pública primaria de acciones las **sociedades anónimas y de economía mixta** que se funden mediante constitución sucesiva o suscripción pública de acciones, y las sociedades anónimas y de economía mixta existentes que realicen aumentos de capital por suscripción pública.

**Gráfico 1: Diagrama de flujos de capital en el sistema financiero**



**Fuente:** *The Economics of Money, Banking, and Financial Markets* (Mishkin, 2004).

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Los mercados financieros son en el sentido más amplio la vía directa de financiamiento de las actividades productivas, donde personas y organizaciones deseosas de pedir prestado dinero se juntan con aquellas con excedentes de fondos (Brigham y Houston, 2007). Se habla de mercados financieros porque estos pueden clasificarse por ejemplo de acuerdo al tipo de títulos valores comercializados (bonos, futuros, etc.), los plazos de vencimiento de los títulos valores (mercado de dinero y capital), entre otras clasificaciones. Estas clasificaciones pueden no ser mutuamente excluyentes.

Los mercados financieros incluyen a los participantes principales prestamistas y prestatarios, que son los hogares, firmas, gobierno, y extranjeros, y al conjunto de instituciones complementarias: bolsas de valores, casas de valores, instituciones de servicios financieros como calificadoras de riesgo o administradoras de fondos y fideicomisos, aseguradoras, e instituciones reguladoras gubernamentales.

## **Mercado de Valores**

El mercado de valores es el mercado organizado donde se comercializa con títulos valores, como bonos, acciones, opciones, etc., es decir “papel” que representa derechos sobre activos reales, en contraposición con mercados de activos físicos como mercados de petróleo, café, etc. A través del mercado de valores los recursos de los ahorristas se canalizan a los inversionistas, a través del comercio de valores. Por otro lado el mercado de valores es un mercado secundario, es decir se comercializa títulos valores previamente emitidos<sup>3</sup>, y los precios de estos son determinados por la oferta y demanda del mercado (Brigham y Houston, 2007).

En el mercado de valores se negocia instrumentos de inversión tanto de renta fija, es decir títulos valores con rendimiento, valor y plazo determinado, como bonos; así como instrumentos de renta variable, como acciones de empresas, cuyo rendimiento y valor depende del desempeño de la empresa y de plazo indeterminado.

El mercado de valores típicamente se localiza físicamente en las bolsas de valores, aunque las acciones de compra y venta de títulos valores no están restringidas a este espacio; de tal forma que también se habla de mercado bursátil (por bolsa). Ejemplos de bolsas de valores son la Bolsa de Valores de Nueva York (*New York Stock Exchange*), BOVESPA (*Bolsa de Valores, Mercadorias y Futuros de São Paulo*), o la Bolsa Mexicana de Valores.

## ***Eficiencia del Mercado de Valores***

La eficiencia del mercado se refiere, en general, al grado en el que los precios reales reflejan los verdaderos costos de producción y beneficios recibidos en el mercado (Formosa, 2008).

De acuerdo a la teoría económica, la eficiencia del mercado es propicio para la óptima asignación de los recursos (Woodford, 2002). En un mercado eficiente el mecanismo de precios garantiza que los bienes y servicios producidos sean destinados a quienes más los valoran (Levy, 2007).

Específicamente, se entiende como eficiencia del mercado de valores<sup>4</sup> a la eficacia con que la información es utilizada en la determinación de los precios de los títulos valores, específicamente

---

<sup>3</sup> Las firmas reúnen capital en el mercado primario, emitiendo derechos de participación en las utilidades de la empresa a través de instituciones especializadas en servicios financieros como bancos de inversión, no obstante el precio de los valores se determina en el mercado secundario, por lo que este último determina el total de fondos recaudados por la firma en una operación de emisión.

<sup>4</sup> La literatura denomina indistintamente al concepto como *Stock Market Efficiency* (Brigham y Houston, 2007) (Asiri y Alzeera, 2013), o *Capital Market Efficiency* (Fama, 1970) (Kristoufek y Vosvrda, 2012); conceptualmente todas estas categorías se solapan en que incluyen a los mercados de valores de renta variable.

instrumentos de renta variable<sup>5</sup> (Kristoufek y Vosvrda, 2012). En un mercado de valores eficiente, el precio de los valores es afectado por su valor intrínseco, el cual es determinado por el verdadero nivel y riesgo del flujo de fondos que probablemente proporcionen, y la percepción del valor intrínseco de los inversores (Brigham y Houston, 2007).

En la literatura, la eficiencia del mercado se refiere por defecto a la eficiencia de información y no debe confundirse con la eficiencia operacional<sup>6</sup>.

El concepto de eficiencia del mercado ha sido ampliamente estudiado a raíz de la influyente investigación de Fama (1965 y 1970), aunque fue anticipado en 1900 por Lois Bachelier en su tesis doctoral sobre la teoría de la especulación, investigación en la cual introdujo el uso de la caminata aleatoria (movimiento browniano) para caracterizar la dinámica de los precios de los activos financieros, la cual se mantiene como el estándar académico y práctico hasta la actualidad.

Los investigadores con acceso a series históricas de precios de valores observaron que estos fluctuaban aleatoriamente, que como será expuesto a continuación sustenta el modelo de la eficiencia del mercado. A finales de la década de 1950 se acumuló suficiente evidencia empírica (y se tuvo acceso por primera vez a computadores para estudiar el comportamiento de extensas series de precios) que respaldaba la hipótesis de eficiencia de mercado, término este último aun no utilizado (Dimson y Mussavian, 2000).

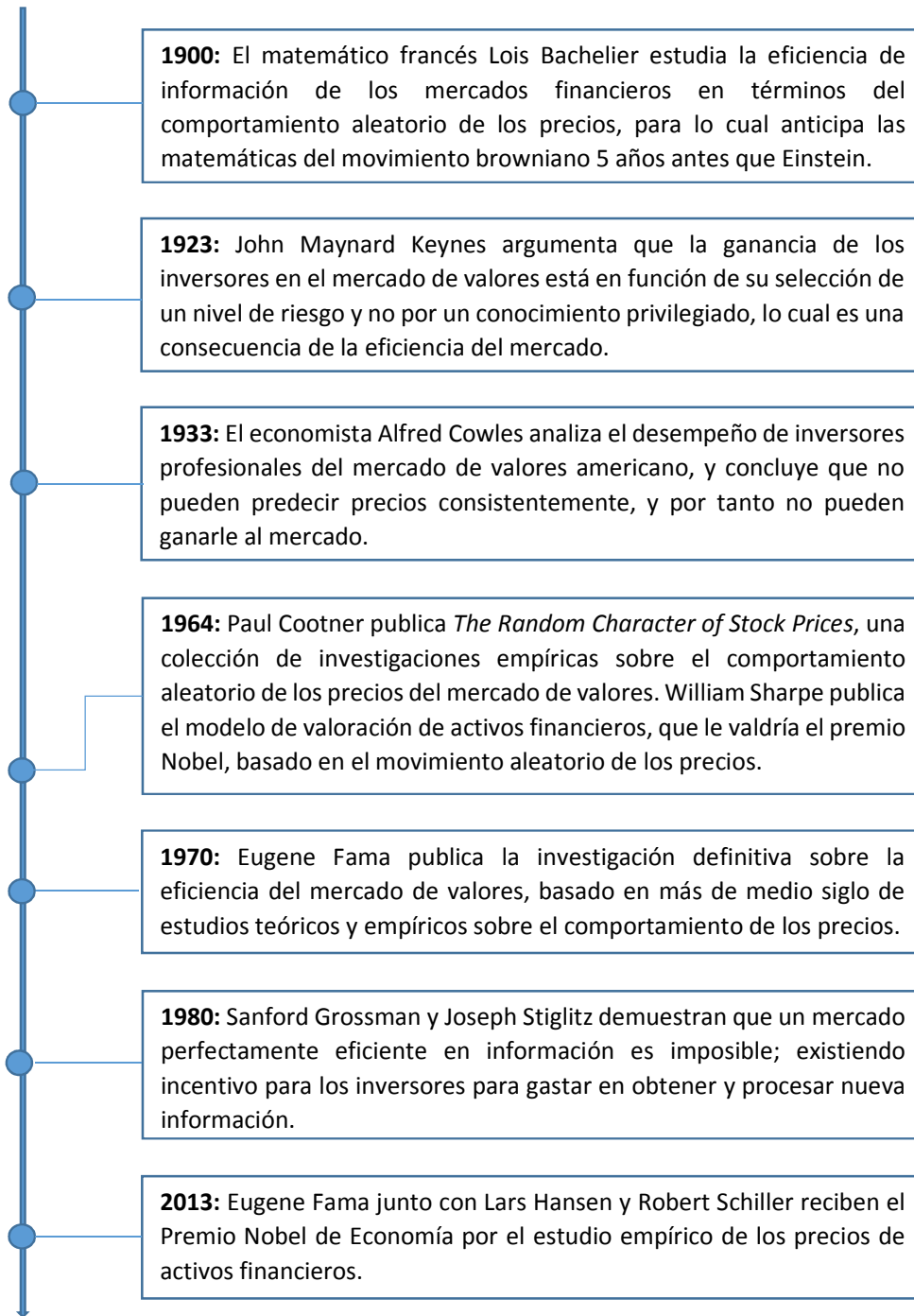
En 1965 Eugene Fama, publica su tesis doctoral *The Behavior of Stock Market Prices*, en la cual recopila la principal literatura sobre el comportamiento de los precios accionarios, así como un análisis de la distribución estadística de los retornos del mercado de valores, concluyendo que existe una fuerte y voluminosa evidencia en favor de la hipótesis de la caminata aleatoria de los precios de las acciones. Finalmente en 1970 Fama articula, basándose en evidencia empírica, la hipótesis de eficiencia de mercado (HEM), el cuerpo teórico del concepto de eficiencia del mercado de valores. En la tabla 1 se muestran hechos estilizados en el desarrollo de la HEM.

---

<sup>5</sup> Los valores de renta fija, tienen precio fijo, por lo que no son relevantes en el concepto de eficiencia de mercado de valores.

<sup>6</sup> **Eficiencia operacional.**- Se refiere al uso eficaz de los recursos para facilitar el funcionamiento del mercado (Dimson y Mussavian, 2000). Un mercado operacionalmente eficiente es el cual en el que los precios de transacción se minimizan.

**Tabla 1: Hechos relevantes al desarrollo de la teoría de eficiencia del mercado de valores**



**Fuente:** *History of the Efficient Market Hypothesis* (Sewell, 2011).

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

## ***Hipótesis de Eficiencia del Mercado***

La hipótesis de eficiencia del mercado sostiene que en un mercado de valores eficiente es imposible para un inversionista obtener ganancias extraordinarias consistentemente (Dimson y Mussavian, 2000), es decir no se puede “ganar al mercado” de acciones comerciales o especulativas demasiadas veces consecutivas, siendo las ganancias por encima del promedio producto del azar.

La HEM implica que los retornos de los inversionistas del mercado de valores están determinados por su nivel de riesgo. En un mercado eficiente los precios reflejan toda la información relevante; y al aparecer nueva información, los precios se ajustan rápidamente por el mecanismo de oferta y demanda. Ejemplo: un pequeño grupo de participantes del mercado (puede ser uno solo) conoce información relevante en el mercado bursátil, por ejemplo relacionado al rendimiento de una firma en el último año, antes de que se anuncie públicamente, de ahí las acciones de compra venta de valores de este grupo alertaran a otros inversionistas, alterando la oferta y demanda y de ahí los precios. Por ende, es probable que cuando la firma anuncie oficialmente las ganancias del último año, el precio de las acciones ya se haya ajustado completamente.

Se observa que: (1) la información relevante no tiene que ser conocida al principio por todos los participantes del mercado, (2) que las acciones de compra venta de los agentes informados provoca un contagio de la información, y (3) que la información privilegiada puede usarse para obtener ganancias hasta que los precios se ajusten a dicha información.

Se nota además que hay un supuesto implícito de racionalidad por parte de los agentes en el mercado, que los lleve a aprovechar toda oportunidad disponible de maximizar sus beneficios económicos. Este supuesto no es manifiesto en la mayoría de la literatura revisada (Kristoufek y Vosvrda, 2012).

La HEM sostiene que los precios de los títulos valores se ajustan rápidamente a la nueva información “relevante”, lo que vuelve necesario especificar qué tipo de información es relevante y está disponible en el mercado de valores. Fama (1991), divide la definición de mercado eficiente de la HEM en tres niveles, por el grado de información (Gráfico 2), taxonomía acuñada por Roberts en 1967:

**Hipótesis Débil de Eficiencia del Mercado:** Los precios reflejan toda la información implícita en la serie histórica de los mismos. No se puede obtener ganancias extraordinarias basándose en los precios históricos de un valor. Por ejemplo el conocimiento de que el precio de una acción ha estado en aumento en los últimos días no da indicios de como fluctuará el precio mañana. La hipótesis débil de eficiencia de mercado por ende implica que los precios de los valores fluctúan aleatoriamente, siendo su serie una caminata aleatoria.

Por lo tanto, la hipótesis de eficiencia del mercado establece que los precios de los títulos de renta variable (acciones) siguen una caminata aleatoria, por lo que no pueden predecirse (eliminando la

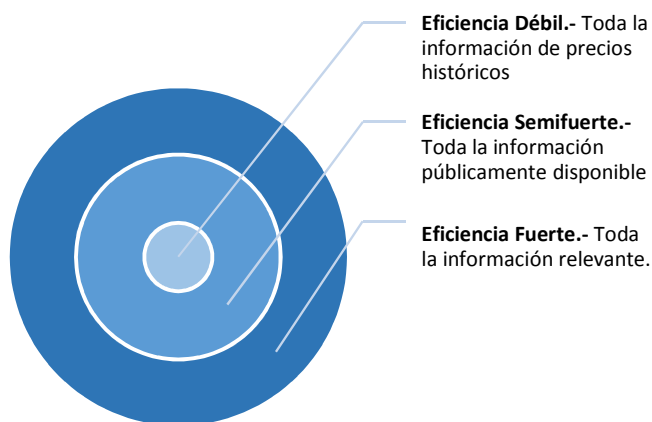
posibilidad de arbitraje). De cumplirse la hipótesis de eficiencia del mercado, los inversionistas del mercado de valores no podrían obtener ganancias extraordinarias descontando el riesgo<sup>7</sup>, y las ganancias por encima (o debajo) del promedio son consecuencia del azar, de manera similar al lanzamiento de una moneda, al ser la probabilidad de cara (aumento de precio) o sello (caída de precio) la misma, y además independiente de los demás lanzamientos.

**Hipótesis Semifuerte de Eficiencia del Mercado:** Los precios reflejan toda la información públicamente disponible. Bajo la hipótesis semifuerte, no se puede obtener ganancias extraordinarias basándose en reportes contables, series históricas de precios, etc. La hipótesis semifuerte implica que los precios de los valores se ajustarán a nueva información únicamente si esta es diferente a la esperada; por ejemplo si una compañía anuncia unos beneficios iguales a los esperados, el anuncio tendrá poco o nulo impacto en los precios de las acciones.

**Hipótesis Fuerte de Eficiencia de Mercado:** Los precios reflejan toda la información relevante disponible, es decir conocida por cualquier participante del mercado, sea esta pública o privada.

En el gráfico 2 se resume los niveles de información de la HEM: la información pública (eficiencia semifuerte) contiene a la información de precios históricos (eficiencia débil), mientras que la información relevante (eficiencia fuerte) contiene a la información pública.

**Gráfico 2: Niveles de Información de la Hipótesis de Eficiencia del Mercado**



**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Bajo los niveles de información débil y semifuerte, los participantes del mercado accionario con información privilegiada (no pública, y por ende, tampoco implícita en la serie de precios históricos)

---

<sup>7</sup> Específicamente la ganancia de los inversionistas sería el retorno de las acciones: mayor para títulos con alto riesgo, y menor para títulos con bajo riesgo; de entrar en acciones de compra-venta, los inversionistas solamente podrían alcanzar mayores ganancias al cambiar su nivel de riesgo. De esta manera no hay ganancia directa (por arbitraje) en las acciones de compra venta.

todavía pueden obtener ganancias extraordinarias, aunque sus acciones llevarán en el corto plazo al ajuste de los precios. Por otro lado, bajo la hipótesis semifuerte ni siquiera agentes en posesión de información privilegiada pueden obtener ganancias extraordinarias consistentemente.

Se han realizado numerosos estudios empíricos para comprobar las tres formas de eficiencia del mercado<sup>8</sup>; la mayoría de estos estudios sugieren que el mercado de valores es de hecho altamente eficiente en forma débil (al menos en grandes mercados bursátiles de países desarrollados), razonablemente eficiente en forma semifuerte (al menos para los valores más comercializados), pero no eficientes en la forma fuerte, debido a que agentes con información privilegiada a menudo obtienen ganancias por encima del promedio en un nivel dado de riesgo (Brigham y Houston, 2007).

Por otro lado, hay que tomar en cuenta que la eficiencia del mercado de valores es un modelo teórico ideal, y en la práctica se observan pequeños retornos por encima del promedio debido a la explotación de ineficiencias del mercado e información importante; de hecho el equilibrio del mercado debe dejar cierto incentivo para el análisis de los valores (Grossman y Stiglitz, 1980). Además, el logro de un mercado de valores perfectamente eficiente traería la inactividad de inversores, que solo escogerían su nivel de riesgo, y de especuladores, que no encontrarán oportunidades de arbitraje (Kristoufek y Vosvrda, 2012).

De acuerdo a Asiri y Alzeera (2013) los mercados financieros de países desarrollados muestran un mayor grado de eficiencia de información en comparación con mercados de países emergentes; al analizar conjuntamente mercados de diferentes niveles de desarrollo, los pertenecientes a países de Norteamérica, Europa y Japón se clasifican en promedio con mejores niveles de eficiencia de información en comparación con mercados de países de América Latina y del Sudeste Asiático, lo que implica que los precios de activos financieros en mercados desarrollados reflejan mejor la información.

### **El Problema de la Hipótesis Conjunta**

Ya que la hipótesis de eficiencia del mercado establece que no se puede obtener ganancias “extraordinarias” (descontado el riesgo) del mercado de valores, se requiere precisar lo que son las ganancias “ordinarias”, lo que es el llamado problema de la hipótesis conjunta. Debido a esto, en orden de comprobar la HEM se requiere especificar un modelo de retornos ordinarios (Dimson y Mussavian, 2000). Sin embargo este problema es superado al utilizar el enfoque de caminata aleatoria de los precios, que consiste en el estudio de los precios de activos financieros en busca de evidencia de que su comportamiento a lo largo del tiempo se aproxima a una caminata aleatoria.

### **Relación de La Hipótesis de Eficiencia de Mercado con otros Modelos Financieros**

---

<sup>8</sup> Por ejemplo, hipótesis débil: (Asiri y Alzeera, 2013), (Kristoufek y Vosvrda, 2012), (Alexeev y Tapon, 2011); hipótesis semifuerte: (Aatola, 2010); hipótesis fuerte: (Potocki y Świst, 2012).

La hipótesis de eficiencia de mercado ha servido de fundamento total o parcialmente para gran número de modelos teóricos en el campo de la economía financiera, específicamente los principales modelos de valoración de activos financieros y de optimización de portafolios comparten alguna característica o supuesto referente a la HEM.

El modelo de valoración de activos financieros (*capital asset pricing model* - CAPM)<sup>9</sup> describe la relación entre la tasa de retorno de un activo y su riesgo particular. El CAPM se utiliza para determinar el precio de un activo financiero o conjunto de estos (portafolio); para lo cual tiene entre sus supuestos la distribución normal del retorno de los activos, de tal manera que la esperanza de esta variable equivale al retorno esperado y la desviación estándar al riesgo. El CAPM también se fundamenta en la información perfecta del mercado, la cual en el modelo se asume gratuita y disponible en forma instantánea para todos los participantes del mercado. En el CAPM el precio de un activo depende únicamente de su respectivo retorno (Fama y French, 2004).

La teoría de valoración por arbitraje (*arbitrage pricing theory* – APT)<sup>10</sup>, otro modelo teórico para la predicción del precio de activos financieros basado en la relación existente entre el retorno de los activos y un conjunto de variables macroeconómicas como los ciclos económicos, la tasa de interés, precios de materias primas y mano de obra, etc. (Koch, 2007); el APT es por lo tanto un modelo multifactor en contraste con el CAPM. El APT se fundamenta en el supuesto de que en un mercado de valores funcional, no existen oportunidades de arbitraje (Koch, 2007), que igual que en la HEM, de aparecer, se eliminarían al poco tiempo como consecuencia del movimiento de precios por la acción de los participantes del mercado.

El modelo Black-Scholes<sup>11</sup>, del cual se deriva la fórmula B-S utilizada para la valoración de derivados financieros, asume un tipo de caminata aleatoria de los precios de activos altamente comercializados, específicamente movimiento browniano geométrico; además de asumir igual que en la APT que no hay oportunidad de arbitraje.

## ***Métodos de Comprobación de la Hipótesis de Eficiencia del Mercado***

El problema de hipótesis conjunta dificulta la comprobación de la HEM, al requerirse especificar un modelo de retornos promedio; especialmente complicado al tenerse diferentes niveles de riesgo. A continuación se reseña las estrategias de comprobación de las tres formas de la HEM, con especial atención en la referente a la hipótesis débil, que será utilizada en la presente investigación.

### **Pruebas de Hipótesis Semifuerte de Eficiencia de Mercado**

---

<sup>9</sup> Formulado por Jack L. Treynor, William Sharpe, John Litner y Jan Mossin, basado en el trabajo de Harry Markowitz. Sharpe, Markowitz y Miller recibieron el Premio Nobel de Economía, por su contribución al campo de la economía financiera.

<sup>10</sup> Stephen Ross (1976).

<sup>11</sup> Fischer Black y Myron Scholes (1973), Robert Merton (1973).

En orden de comprobar la hipótesis semifuerte se utilizan *tests* de velocidad de ajuste de los precios a la nueva información; la principal herramienta para este objetivo son los estudios de evento<sup>12</sup>.

Los estudios de evento proveen evidencia de la reacción de los precios de títulos valores a eventos como anuncios de división de acciones o de ganancias de la firma; en ambos casos el mercado parece anticipar la información, y la mayoría del ajuste del precio se completa antes de que el evento se revele al mercado<sup>13</sup>, completándose el ajuste rápida y acertadamente una vez la noticia es publicada (Dimson y Mussavian, 2000).

### **Pruebas de Hipótesis Fuerte de Eficiencia de Mercado**

La hipótesis fuerte de eficiencia del mercado es probablemente la más difícil de verificar, debido a que el nivel de información considerada incluye a la que es privada.

Una manera de comprobar la hipótesis fuerte es asumiendo que cierto participante del mercado (como ejecutivos de alto rango o analistas especializados) tiene acceso a información privilegiada, y comparar su desempeño en comparación con el desempeño promedio (Potocki, 2012).

### **Pruebas de Hipótesis Débil de Eficiencia de Mercado**

Los estudios que buscan comprobar la hipótesis débil son más comunes. Por un lado se puede comparar el desempeño de los análisis técnicos<sup>14</sup> realizados con el objetivo de predecir futuros precios, ya sea de forma directa: al contrastar las predicciones con los precios observados, o indirectamente: al comprobar si un agente que utilice el análisis técnico para beneficiarse del arbitraje obtiene beneficios por encima del promedio en un nivel fijo de riesgo.

Sin embargo, la forma más popular de comprobación de la HEM débil es a través de algún tipo de *test* de independencia de las series de tiempo de los precios. La HEM débil implica que el conocimiento de la serie histórica de los precios de un valor, por extensa que sea, no favorece en la predicción de los precios futuros, es decir los precios fluctúan aleatoriamente. Por lo tanto, en orden de comprobar la HEM débil, se analiza la serie de precios para averiguar si esta presenta autocorrelación; ciertos procedimientos involucran la comprobación de si la serie de tiempo sigue una caminata aleatoria. La comprobación de la HEM involucra por tanto el análisis de series de tiempo.

---

<sup>12</sup> **Estudio de evento.**- Utiliza información del mercado para medir el impacto de un evento específico en el valor de una firma (Mackinlay, 1997).

<sup>13</sup> Se entiende que los participantes que conocen de antemano la información influenciarán con sus acciones el ajuste de los precios, por ejemplo si están enterados, antes que sea anunciado públicamente, que una firma específica tuvo ganancias por encima de lo proyectado, comprarán más acciones, aumentando la demanda y con ello el precio.

<sup>14</sup> **Análisis técnico.**- Es el estudio de series históricas de precios y volumen comercializado de valores.

**Caminata Aleatoria.-** Es el proceso estocástico formado por una sucesiva suma de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (Lawler y Limic, 2010). Un ejemplo de caminata aleatoria es el proceso generado por la suma repetida de un proceso de ruido blanco uniformemente distribuido. Matemáticamente un proceso de caminata aleatoria se define como:

Sea  $\{X_k\}_{k=1}^{\infty}$  una secuencia de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, para cada entero positivo  $n$ ,  $Y_n$  denota la suma  $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ . La secuencia  $\{Y_n\}_{n=1}^{\infty}$  es llamada una caminata aleatoria.

Un proceso de caminata aleatoria es un modelo autorregresivo, es decir incluye valores rezagados de la variable dependiente como variable explicativa:

$$Y_t = Y_{t-1} + X_t$$

**Ruido Blanco.-** Es un proceso estocástico puramente aleatorio.

Se dice que una serie de tiempo  $X = \{X(t), t \in \mathbb{Z}\}$  es ruido blanco con media 0 y matriz de covarianza  $\Sigma$ ,

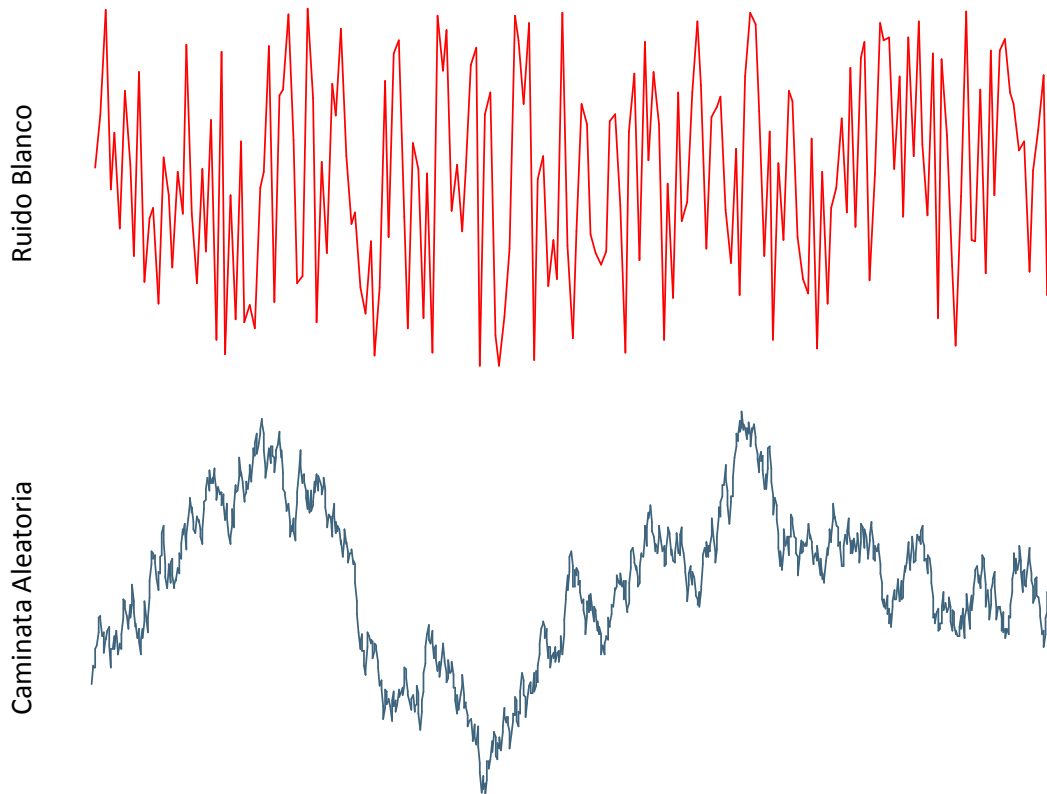
$$X(t) \sim WN(0, \Sigma),$$

Si

- $\mathbb{E}X(t) = 0$ ,
- $\mathbb{E}(X(t)X(t)') = \Sigma$ ,
- $\mathbb{E}(X(t+u)X(t)') = 0$  para  $u \neq 0$ .

En el gráfico 3 se ilustran las series de ruido blanco y caminata aleatoria; la primera es la sucesión de valores aleatorios con una media y una desviación estándar específicas, mientras que la caminata aleatoria es la suma acumulada de la serie de ruido blanco.

**Gráfico 3: Proceso de ruido blanco y caminata aleatoria**



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

El ruido blanco y la caminata aleatoria aparecen en economía financiera al ser el supuesto de caminata aleatoria de los precios de activos financieros uno de los supuestos más utilizados. Como se observa en la sección sobre la relación teórica de la hipótesis de eficiencia de mercado con modelos financieros, además de la HEM, gran parte de los modelos y teorías más estudiados y difundidos se basan en el supuesto de caminata aleatoria de los precios.

Por definición un proceso de caminata aleatoria es impredecible, al ser las sucesivas observaciones serialmente independientes. Muchos de los estudios de la HEM débil parten de la hipótesis que la serie de precios del mercado de valores sigue una caminata aleatoria; no obstante, de acuerdo al análisis utilizado puede ser necesario especificar el proceso estocástico de caminata aleatoria propiamente, por ejemplo el de movimiento browniano geométrico, proceso de Markov o martingala.

### **Retornos Aritméticos y Retornos Logarítmicos**

Los análisis que buscan poner a prueba la HEM débil desde el enfoque de demostrar que los precios de los títulos valores del mercado siguen una caminata aleatoria utilizan métodos equivalentes a demostrar que la serie de primeras diferencias de los precios son ruido blanco. Cuando se habla de la

primera diferencia de una serie de precios, se utiliza el término retornos, pues se supone que las ganancias en el mercado de valores vienen de las acciones de compra venta, es decir justamente de la diferencia entre el precio de un mismo valor en dos momentos diferentes. Esta metodología es además la usual en el estudio de series de tiempo donde se trabaja con la serie diferenciada.

Al demostrar que la serie de retornos de los precios del mercado de valores siguen un ruido blanco, se demuestra que la serie de precios sigue una caminata aleatoria y de ahí la HEM débil.

Se utilizan dos enfoques similares con respecto a los retornos, estos son los retornos simples, también llamados aritméticos o porcentuales, y los retornos logarítmicos. Por un lado los retornos simples son el porcentaje de variación de los precios de un periodo a otro:

$$R_t = \frac{p_t - p_{t-1}}{p_{t-1}} = \frac{p_t}{p_{t-1}} - 1$$

Donde  $p_t$  es el precio en el periodo  $t$ . Por otro lado los retornos logarítmicos están definidos como:

$$r_t = \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right) = \ln(p_t) - \ln(p_{t-1})$$

La práctica de utilizar retornos logarítmicos en series de precios se debe a que suele hacerse el supuesto de que los retornos siguen una distribución log normal. Otra ventaja de utilizar retornos logarítmicos es que simplifica la interpretación al usarse una medida estandarizada que no se tiene con retornos logarítmicos, en esta última la medida son porcentajes que dependen de la base, es decir el periodo desde el cual se esté calculando la variación<sup>15</sup>.

### **Índices de Precios del Mercado de Valores**

Los estudios de la HEM típicamente usan algún índice de precios del mercado de valores para el análisis subsecuente. De otra forma, si se analizara la serie de precios de acciones de una firma específica, se podría demostrar que esta no presenta autocorrelación serial, y sigue una caminata aleatoria, pero dicho resultado no aportaría gran información sobre el mercado en su conjunto. Es por eso que al analizar la eficiencia de un mercado específico, por ejemplo de una bolsa de valores o de un país, se utiliza algún índice de precios, los cuales son parte de los índices bursátiles, y que capturan el comportamiento agregado (evolución) de los precios de un mercado.

Dada la gran cantidad de transacciones que se presentan en un mercado accionario, que provocan una constante fluctuación del precio de los títulos valores individuales, resulta difícil analizar el comportamiento global del mercado por parte de los agentes económicos. Los índices de precios del mercado de valores son instrumentos que permiten medir el comportamiento promedio del mercado

---

<sup>15</sup> Un crecimiento de 8% de  $t - 1$  a  $t$  no es necesariamente equivalente a una disminución de 8% de  $t$  a  $t - 1$ .

a través del tiempo. Estos índices, resumen estadísticamente la abundante información generada en la interacción de los participantes del mercado, convirtiéndose en un apoyo importante para la toma de decisiones.

Una de las principales utilidades de los índices de precios es que permiten identificar tendencias generales en el mercado, es decir alzas y caídas de precios. Asimismo, son utilizados para evaluar portafolios de inversión, realizar análisis técnicos, analizar la evolución de las expectativas de los agentes económicos, etc.

Los índices de precios de mercado de valores son calculados sobre una muestra representativa de precios de acciones, cada uno ponderado por su relevancia en el mercado, típicamente medido por la contribución a la capitalización bursátil total.

El valor de un índice de precios en un periodo específico no es comparable directamente con el valor de otro índice, ya que este depende de la metodología utilizada. Los índices de precios se interpretan en relación con la evolución del mismo en el tiempo: si tiene una tendencia al alza o la baja, los precios del mercado inherente en promedio siguen la misma tendencia.

Ejemplos de índices bursátiles constituyen el *Dow Jones Industrial Average*, que mide la evolución de los precios de las 30 mayores compañías cotizantes en las bolsas de Estados Unidos; o el *Bovespa Index*, el índice de precios del mercado de valores de São Paulo, basado en un portafolio de 50 acciones.

Los índices bursátiles pueden tener un alcance local, nacional o incluso internacional (cuando toma en consideración precios de acciones cotizantes en varios países); de la misma manera, pueden construirse subíndices de un mismo índice al cambiar el alcance del sector económico del que se compone, por ejemplo industrial, financiero, etc.

Como se trata de una serie de tiempo de precios agregados, para el análisis de HEM débil se obtiene en primer lugar los retornos ya sean aritméticos o logarítmicos.

### **Estacionariedad**

En orden de comprobar la HEM débil desde el enfoque de ruido blanco de los retornos, en primer lugar se analiza si la serie de tiempo es estacionaria, es decir, se estudia si los parámetros de la misma como la media y la varianza no cambian en el tiempo; la razón fundamental es que una característica necesaria (pero no suficiente) de un proceso de ruido blanco es que este sea estacionario, tomando en cuenta que por definición un proceso de ruido blanco tiene media 0 y varianza  $\Sigma$ . Para este objetivo se utiliza el *test* Dickey-Fuller.

**Prueba Dickey-Fuller Aumentada.**- El test Dickey-Fuller aumentado<sup>16</sup> (DFA) es una prueba de raíz unitaria de series de tiempo. La no existencia de raíz unitaria en la serie implica que esta es estacionaria. Específicamente, la prueba Dickey-Fuller estima la regresión:

$$\Delta y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta y_{t-i} + u_t$$

Donde  $\beta_1$  es una constante,  $\beta_2$  es el coeficiente de la tendencia, el subíndice  $t - i$  representa el rezago y  $u_t$  es el término de error de ruido blanco. Al estimarse la significancia de  $\delta$  se pone a prueba las hipótesis:

$H_0: \delta = 0$  existe raíz unitaria, es decir la serie de tiempo es no estacionaria.

$H_1: \delta < 0$  no existe raíz unitaria, es decir la serie de tiempo es estacionaria.

El estadístico  $t$  obtenido para  $\delta$ , es negativo, entre más bajo más seguridad en el rechazo de la hipótesis nula. Los valores críticos de  $t$  se siguen al estadístico  $\tau$  (tau) cuyos valores aproximados fueron calculados por MacKinnon (Gujarati y Porter, 2009).

## **Análisis de Memoria de Corto Plazo**

En el estudio de series de tiempo, la memoria de corto plazo constituye la dependencia de una serie consigo misma en periodos inmediatamente anteriores. Por ejemplo, una serie de precios al nivel tiene memoria de corto plazo porque el precio de hoy depende del precio de ayer. La memoria o dependencia de corto plazo es capturada por la función de autocorrelación de la serie.

La autocorrelación se define como la correlación entre miembros de series de observaciones ordenadas en el tiempo (Gujarati y Porter, 2009), en el contexto de una serie única es la correlación rezagada de una serie dada consigo misma, rezagada por un número de unidades de tiempo. La presencia de autocorrelación en la serie retornos de los precios es una prueba en contra de la HEM débil, debido a que una serie autocorrelacionada tiene cierto grado de predictibilidad.

---

<sup>16</sup> La versión aumentada del test Dickey-Fuller está diseñada para series de tiempo en las cuales el término de error  $u_t$  de la serie  $y_t = y_{t-1} + u_t$  puede estar correlacionado.

Para el análisis de autocorrelación típicamente se utiliza el correlograma, que muestra los coeficientes de autocorrelación de la serie de tiempo con cada uno de los rezagos especificados, así como los coeficientes de autocorrelación parcial y el estadístico Q de Ljung-Box.

**Coefficiente de Autocorrelación:** Se calcula de manera similar a la correlación de Pearson, siendo la correlación de la serie de tiempo consigo misma rezagada. La fórmula para obtener la autocorrelación de una serie con el rezago  $k$  está dada por la función de autocorrelación:

$$\hat{r}_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x}_{(1)}) (x_{t+k} - \bar{x}_{(1-k)})}{\left[ \sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x}_{(1)})^2 \right]^{1/2} \left[ \sum_{t=1+k}^N (x_t - \bar{x}_{(1-k)})^2 \right]^{1/2}}$$

Que se simplifica a

$$\hat{r}_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x}) (x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde  $\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_t$  es la media global de la serie.

La varianza de  $r_k$  es

$$Var(\hat{r}_k) = \begin{cases} \frac{1}{n} & , \quad yk = 1 \\ \frac{1}{n} \left( 1 + 2 \sum_{i=1}^{k-1} \hat{r}^2(i) \right) & , \quad yk > 1 \end{cases}$$

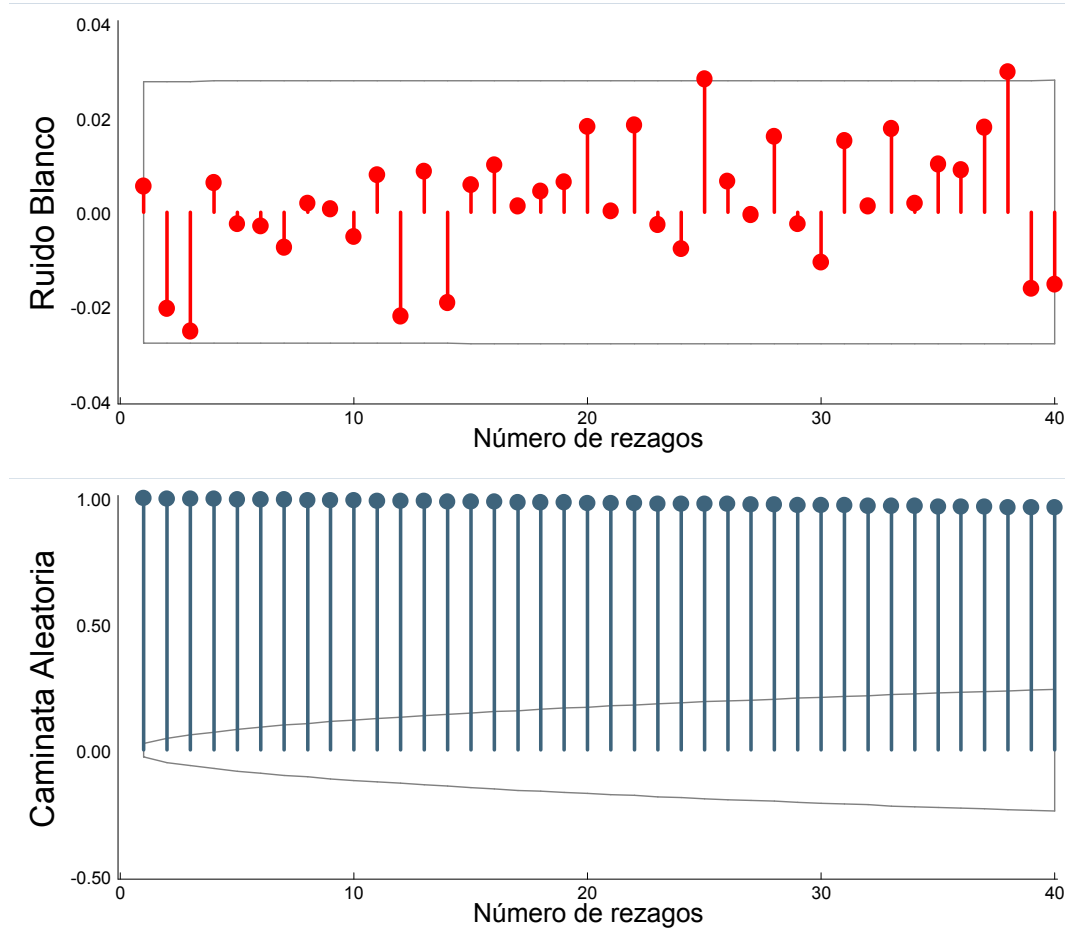
Como en el caso de la correlación, los coeficientes de autocorrelación tienen un rango de  $[-1,1]$ , señalando una relación directa los coeficientes positivos, y una relación inversa los coeficientes negativos; entre mayor el valor absoluto del coeficiente  $|\hat{r}_k|$ , se interpreta como un mayor grado de autocorrelación.

La significancia estadística de los coeficientes de autocorrelación se basa en la distribución normal  $\hat{\rho}_k \sim N(0,1/n)$ . El error estándar se mide por la fórmula de Bartlett (1946):

$$SE(r_h) = \sqrt{\frac{1 + 2 \sum_{i=1}^{k-1} r_i^2}{N}}$$

En el gráfico 4 se muestran las autocorrelaciones con los 40 primeros rezagos en un correlograma de una serie de ruido blanco simulada y las bandas de confianza al 95%; los coeficientes de autocorrelación como es de esperar están en el intervalo de -0,02 a 0,02, y no son significativos al estar dentro.

Gráfico 4: Correlograma de una serie de ruido blanco y caminata aleatoria



\*Nivel de confianza al 95%.

**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Las autocorrelaciones de la serie de caminata aleatoria (gráfico 4) en cambio revelan una relación directa y una memoria que decrece lentamente, y son significativas al 95%.

**Coefficiente de Autocorrelación Parcial:** Mide la correlación entre  $x_t$  y  $x_{t+1}$  después de corregir la dependencia lineal en  $x_1, x_2, \dots, x_{t-k+1}$ . Se calcula mediante la regresión de  $x_t$  sobre  $x_{t-1}, \dots, x_{t-k}$  y el término constante. El coeficiente de  $x_{t-k}$  es la estimación de la autocorrelación parcial con el rezago  $k$ .

**Estadístico Q de Lung-Box:** Se utiliza para realizar la prueba estadística de si un grupo de autocorrelaciones son diferentes de cero; por lo tanto constituye una prueba de ruido blanco a un número dado de rezagos. A diferencia de la significancia estadística obtenida por Bartlett, la Q de Lung-

Box prueba la hipótesis de si todos los coeficientes de autocorrelación son estadísticamente cero hasta el rezago escogido  $k$ . El estadístico  $Q$  de Ljung-Box se calcula mediante la fórmula:

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^m \frac{1}{n - k} \hat{r}^2(k) \sim \chi^2 m$$

El análisis de autocorrelación revela el grado de memoria de corto plazo de la serie de tiempo, y muestra el grado de dependencia lineal de la serie, no obstante en el contexto del análisis de la HEM débil, se requiere de métodos que muestren asimismo la dependencia de largo plazo.

## ***Análisis de Memoria de Largo Plazo***

La memoria de largo plazo es la dependencia observada de las series de tiempo consigo mismas en un amplio rango. Se dice que una serie de tiempo posee dependencia de largo plazo si sus correlaciones persisten sobre todas las escalas de tiempo, entendido como un alto nivel de correlación entre observaciones distanciadas. En una serie con dependencia de largo plazo, un *shock* acontecido hoy puede tener repercusiones en el futuro no inmediato. Una opción para el análisis de largo plazo es la dimensión fractal estimada por el coeficiente de Hurst.

### **Coefficiente de Hurst**

El coeficiente de Hurst (también llamado exponente) es un estadístico utilizado para el análisis de independencia de series de tiempo, al medir la dependencia de largo plazo. El coeficiente de Hurst ( $H$ ) se relaciona con la dimensión fractal; en este contexto, la dimensión fractal representa la estructura geométrica de la variable de análisis, es decir si esta es “suave” como una recta o “rugosa”, como el ruido blanco.

El coeficiente de Hurst es llamado así por el hidrólogo Harold E. Hurst que utilizó por primera vez esta medida en el estudio de los niveles de agua del río Nilo. Hurst dispuso de cerca de 800 años de registros de los niveles anuales de agua del río Nilo para el diseño óptimo de una represa en 1951. Hurst encontró que los niveles de agua del río no son independientes; es decir que analizando la información histórica se puede predecir si un año habrá o no inundaciones, por lo tanto la aplicación del supuesto de movimiento browniano al comportamiento aparentemente aleatorio e independiente de las inundaciones del río tendría como consecuencia la construcción de una presa de un tamaño diferente al óptimo (León, 2010).

En la actualidad el coeficiente de Hurst es utilizado para clasificar series de tiempo de acuerdo a su grado de aleatoriedad. Aplicaciones incluyen en el campo de las telecomunicaciones (tráfico de internet), meteorología, medicina (secuencias de nucleótidos), entre otros, pero es especialmente

utilizado en finanzas (econometría de series de tiempo), por ejemplo como test para conocer si una serie es predecible o no.

Matemáticamente el coeficiente de Hurst describe el escalamiento de la varianza, es decir el aumento de la dispersión, de un proceso estocástico (Qian y Rasheed, 2004). El desarrollo teórico original de Hurst buscó una formulación general de la distancia que una variable aleatoria cubre con respecto al tiempo, para esto se basó en la formulación de la distancia que una partícula suspendida en un fluido cubre por unidad de tiempo<sup>17</sup>:

$$R = t^{1/2}$$

Este sería un caso particular de una serie de movimiento browniano (siendo  $R$  distancia y  $t$  unidad de tiempo), mientras que la formulación general para una variable aleatoria estaría dado por la relación:

$$R \sim c t^H$$

Donde  $c$  es una constante independiente de  $t$ , y  $H$ , el exponente de Hurst explica cómo se comporta la distancia con respecto al tiempo (León, 2010).

Por otro lado el coeficiente de Hurst se relaciona con la dimensión fractal de tal forma que esta se calcula como  $D = 2 - H$ , siendo la dimensión fractal el exponente (la dimensión) del tiempo. La dimensión fractal indica que tanto un fractal (en este caso unidimensional) llena un espacio a escalas cada vez más pequeñas (Mittal y Bhardwaj, 2011). A diferencia de las dimensiones enteras de la geometría normal, la dimensión fractal puede ser un número racional como  $3/2$ .

El coeficiente  $H$  tiene un rango de 1  $[0, 1)$ . Una serie con un coeficiente de Hurst ( $H$ ) de 0,5 corresponde a una serie perfectamente aleatoria, mientras que una serie con un  $|H| \neq 0,5$  indica una tendencia; específicamente un  $H > 0,5$  indica una serie persistente<sup>18</sup>, es decir que la tendencia observada (a la baja o al alza) muy probablemente continúe, mientras que un  $H < 0,5$  aparece en series antipersistentes, es decir las cuales tienen media regresiva (ver tabla 1).

La ventaja del coeficiente de Hurst es que no solo presenta la utilidad de conocer si la serie analizada es predecible, sino que a partir del valor crítico 0,5, el cual corresponde a una serie perfectamente

---

<sup>17</sup> Einstein (1905) formuló la relación existente entre la distancia cubierta por un partícula y el tiempo mientras estudiaba el movimiento browniano.

<sup>18</sup> La investigación original de Hurst (1951) de los flujos del río Nilo resultó en un  $H = 0,91$  (León, 2010), lo cual indicaba una serie persistente, es decir un año de inundaciones es más probable de ser sucedido por otro de inundaciones.

aleatoria (caminata aleatoria), se puede saber el grado de dependencia de largo plazo que presenta la serie (entre más elevado el coeficiente, mayor tendencia se encuentra en la serie).

El coeficiente de Hurst se utiliza en el análisis de series de tiempo financieras, ya que series de tiempo con coeficientes de Hurst mayores en valor absoluto a 0,5 tienen mayor potencial de predicción (Qian y Rasheed, 2004). No obstante en series de tiempo financieras, incluso una serie no autocorrelacionada puede presentar un  $H \neq 0,5$  dependiendo del método utilizado, debido a heteroscedasticidad, memoria de corto plazo, entre otras razones.

**Tabla 2: Interpretación de resultados para el coeficiente de Hurst**

Valor de H	Resultado	Interpretación
$H = 0,5$	Serie aleatoria	La serie es una caminata aleatoria, no se puede predecir.
$H > 0,5$	Serie persistente	La serie más probablemente continuará la tendencia, es decir, si ha venido aumentando, dicha tendencia muy probablemente continúe. Se puede predecir.
$H < 0,5$	Serie antipersistente	La serie tiene características de media regresiva, es decir es más probable que valores superiores a la media sean sucedidos por valores inferiores. Se puede predecir.

**Fuente:** Qian y Rasheed, 2004.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Los principales métodos de cálculo del coeficiente de Hurst son:

- Análisis de rangos reescalados (*Rescaled Range Analysis*).
- Análisis de fluctuaciones sin tendencia (*Detrend Fluctuation Analysis*).

#### **Análisis de Rangos Reescalados (*Rescaled Range Analysis*)**

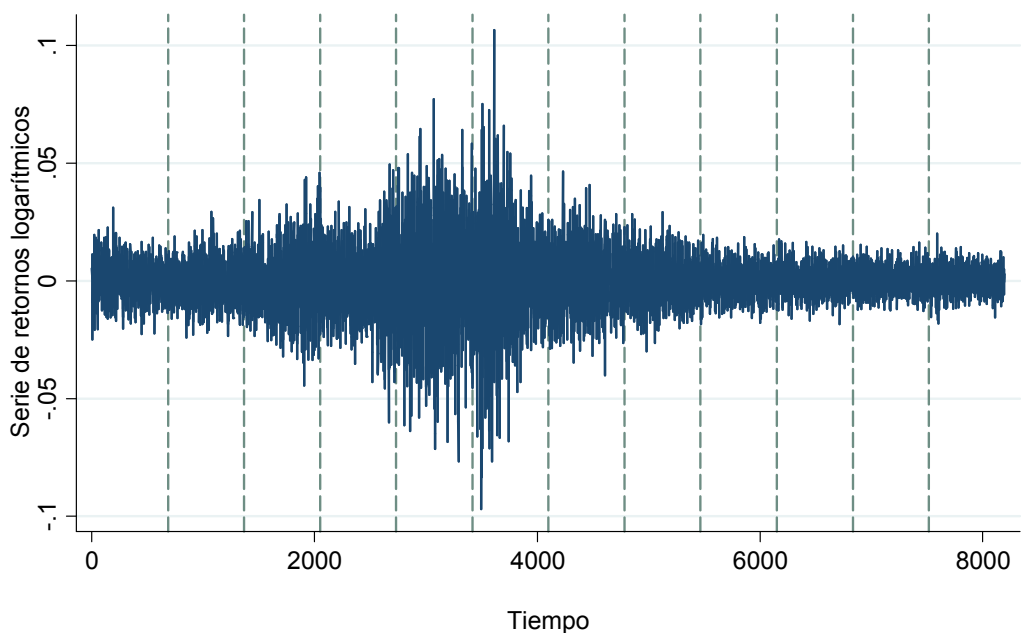
El análisis de rangos reescalados (R/S) es el primero y mejor conocido método para estimar el coeficiente de Hurst (Weron, 2002). El método R/S fue desarrollado por Mandelbrot y Wallis (1969) basados en la metodología original empleada por Hurst (1951). Mandelbrot y Wallis demostraron que el algoritmo R/S es robusto para detectar la presencia de dependencia de largo plazo, inclusive cuando el sesgo o la curtosis resultan en procesos que se alejan significativamente de ser normales o gaussianos.

El método R/S se basa en el cálculo del rango de las sumas parciales de las desviaciones de una serie de tiempo con respecto a su media, reescalado por la desviación estándar, y examina como esta desviación se escala con respecto al tiempo. A continuación se detalla el algoritmo:

El tratamiento inicial para una serie de tiempo previa a la estimación del coeficiente de Hurst consiste en transformarla en una serie estacionaria. Las series de tiempo financieras típicamente presentan un alto grado de no estacionariedad, por lo que se procede a trabajar con la serie de retornos aritméticos o logarítmicos (Mitra, 2012).

Para una serie de tiempo  $X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_N$  (de  $N$  elementos) de retornos logarítmicos  $X_t = \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right) = \ln(p_t) - \ln(p_{t-1})$ , estacionaria con media 0, se divide en  $d_i$  bloques no superpuestos de  $n$  elementos (ver gráfico 6).

**Gráfico 5: Serie de retornos logarítmicos dividida en 12 bloques**



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Para cada bloque  $d_i$ :

Se calcula la media:

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Se transforma la serie ajustándola por la media:

$$Z_t = X_t - m_i, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

Se calcula la serie acumulada de desviaciones con respecto a la media:

$$Y_t = \sum_{i=1}^t Z_i, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

Se obtiene el rango de la serie acumulada ajustada:

$$R_t = \max(Z_1, Z_2, \dots, Z_t) - \min(Z_1, Z_2, \dots, Z_t), \quad t = 1, 2, \dots, n$$

A continuación se calcula desviación estándar del bloque  $d_i$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

Donde  $\mu$  es la media de  $X_1$  hasta  $X_n$

Se reescala el rango por la desviación estándar de cada bloque  $d_i$

$$\left(\frac{R}{S}\right)_i = \frac{R_i}{S_i}$$

Se calcula  $\left(\frac{R}{S}\right)_i$  a diferentes tamaños de bloque ( $n$  cada vez mayores) hasta dos. Se debe tener al menos diez valores de  $\left(\frac{R}{S}\right)_i$  (Qian y Rasheed, 2004). Mandelbrot y Wallis (1969) demostraron que

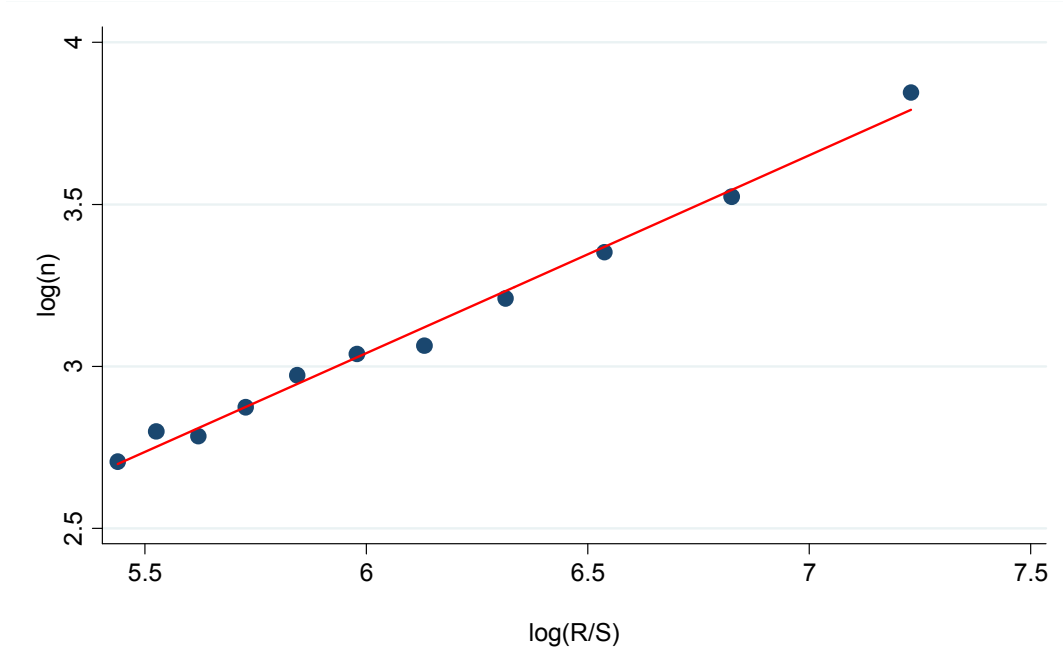
$$(R/S)_i \sim c \cdot n^H$$

Por lo que se despeja  $H$  en  $(R/S)_i = c \cdot n^H$ :

$$\log(R/S)_i = \log(c) + H \log(n)$$

Este polinomio es de la forma  $y = a + mb$ , donde  $m$  es la pendiente. Por lo tanto para calcular  $H$  se corre una regresión de mínimos cuadrados, con  $\log(R/S)_i$  como variable dependiente de  $\log(n)$ ; ver gráfico 7.

**Gráfico 6: Ejemplo de doble escala logarítmica de  $\log(R/S)_i = \log(c) + H \log(n)$**



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

### **Análisis de Fluctuaciones sin Tendencia (*Detrend Fluctuation Analysis*)**

El análisis de fluctuaciones sin tendencia (DFA) fue desarrollado por Peng (et al, 1994) para el análisis de secuencias de nucleótidos de ADN (Kristoufek, 2010). En contraste con el método R/S, el DFA no requiere de una serie estacionaria, y la dispersión que es medido por el rango en el método R/S es capturada por las fluctuaciones cuadradas con respecto a la tendencia local.

Para una serie de tiempo de retornos de  $N$  elementos, se construye la serie perfil integrada,  $\bar{X}$  es la media aritmética:

$$X_t = \sum_{t=1}^N (x_t - \bar{X})$$

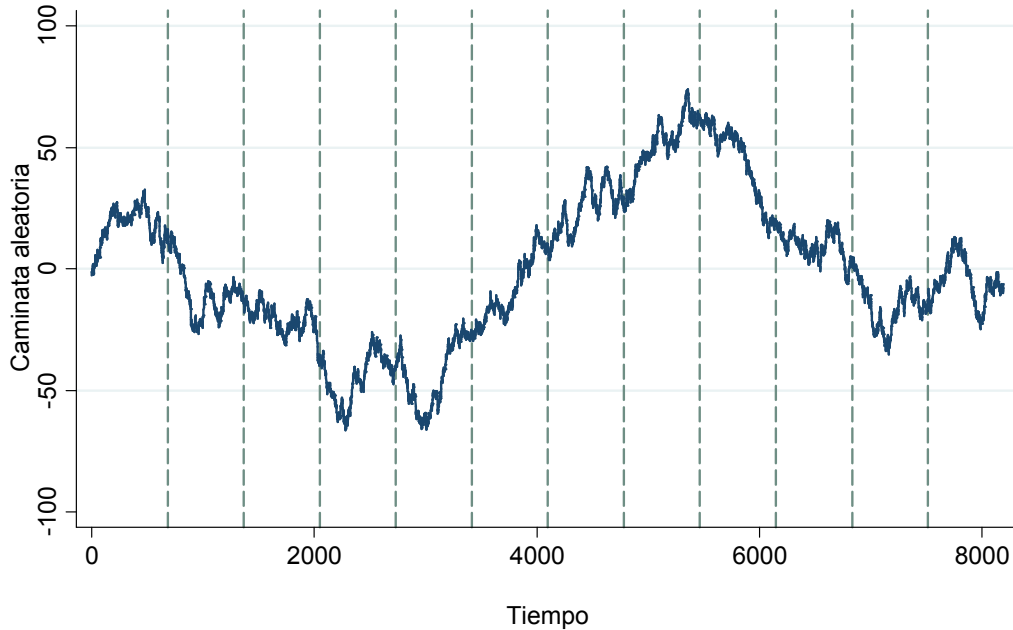
Para la serie perfil  $X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_N$  (de  $N$  elementos) se divide en  $d_i$  bloques no superpuestos de  $n$  elementos (ver gráfico 8).

En cada bloque se busca la tendencia local ajustando una curva, ya sea una línea recta o un polinomio de mayor orden:

$$p_t = a + b X_t$$

En el caso de un polinomio de primer orden, se puede obtener por medio de una regresión de mínimos cuadrados.

**Gráfico 7: Serie de caminata aleatoria dividida en 12 bloques**



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

En el caso de un polinomio de primer orden, se puede obtener por medio de una regresión de mínimos cuadrados.

A continuación se crea la serie ajustada por la tendencia local (ver gráfico 9):

$$Y_{t,i} = X_t - p_t$$

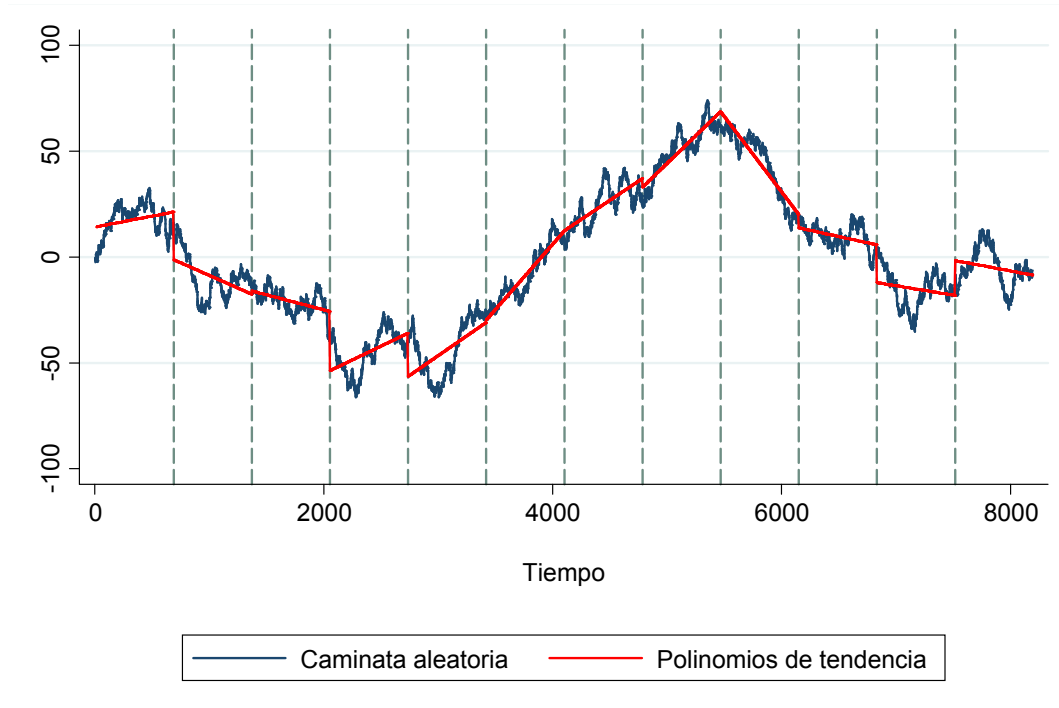
Para cada bloque  $d_i$  de tamaño  $n$  se calcula la raíz cuadrada de la media de las fluctuaciones cuadradas (con respecto a la tendencia):

$$F(n)_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t)^2}$$

Finalmente se obtiene la media de  $F(n)_i$ :

$$\bar{F}(n) = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d F(n)_i$$

**Gráfico 8: Polinomios de ajuste por bloque**



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Como en el método R/S,

$$\bar{F}_n \sim c \cdot n^H$$

Por lo que se despeja  $H$  en  $\bar{F}_i = c \cdot n^H$ :

$$\log(\bar{F}_n) = \log(c) + H \log(n)$$

Puesto que  $H$  es la pendiente del polinomio, se calcula por una regresión de mínimos cuadrados.

### Otros métodos de cálculo del coeficiente de Hurst

El coeficiente de Hurst ha sido estudiado desde 1951 como aplicación en diferentes ciencias: el método R/S es un aporte de la hidrología, mientras que el DFA de la genética; estos son los métodos de estimación de  $H$  más utilizados. Las técnicas de estimación del coeficiente de Hurst continúan en

desarrollo, por ejemplo los métodos semiparamétricos de regresión de periodograma, y *wavelet* (ondas). Es posible asimismo encontrar métodos modificados basados en alguno de los anteriores.

El método de regresión de periodograma propuesto por Geweke y Porter-Hudak en 1983 se basa en la demostración que la función de densidad espectral de un proceso fraccional general integrado con parámetro diferenciador  $d$  es equivalente al de un proceso de ruido gaussiano fraccional con exponente de Hurst  $H = d + 0,5$  (Weron, 2002).  $H$  está en función de la pendiente del periodograma de la serie. Por otro lado los métodos de *wavelet* (ondas) consisten en la descomposición de la serie de tiempo en ondas para analizar el escalamiento de estas en busca de un proceso autosimilar (memoria de largo plazo).

## ***Aproximaciones Empíricas con la misma Problemática***

El tema de la hipótesis de eficiencia del mercado de valores ha sido ampliamente estudiado, en un primer momento en las economías desarrolladas, apareciendo en los últimos años gran cantidad de estudios centrados en economías en desarrollo. La presente sección resume investigaciones con temática relevante al análisis de eficiencia del mercado de valores. Se hace referencia a la metodología empleada para la comprobación de la hipótesis de eficiencia del mercado de valores y a los resultados.

Kristoufek y Vosvrda (*Measuring Capital Market Efficiency: Global and Local Correlations Structure*, 2012) introducen una nueva medida para la eficiencia débil del mercado de valores, partiendo de una crítica a los estudios que bien aceptan o rechazan la hipótesis débil y muy pocas veces clasifican a los mercados por su nivel de eficiencia con el objetivo de realizar un análisis comparativo (ranking)<sup>19</sup>.

En este estudio se habla de la estructura de correlaciones global y local de la serie de retornos, entendiéndose local como la correlación presente en la serie por intervalos, mientras que global a la correlación presente en toda la serie.

Se calcula el indicador propuesto para 41 índices internacionales de mercado de valores, en orden de realizar una comparación del grado de eficiencia de los mercados que representan. El indicador toma en consideración a la memoria de corto (característica local de la serie) y largo plazo (característica global) de la serie de retornos, así como la dimensión fractal como aproximación al “comportamiento de manada” presente, reflejado en la “rugosidad” de la serie (característica local).

Para medir la memoria de corto plazo se utiliza la autocorrelación de primer orden  $\hat{r}_1$ . Para incluir la memoria de largo plazo, se utiliza el coeficiente de Hurst, estimado por los métodos de: análisis de fluctuaciones sin tendencia (DFA), *detrending moving average* (DMA), y el método generalizado del

---

<sup>19</sup> Estudios de este tipo son comunes; para la presente disertación se revisó por ejemplo “*Is the Saudi Stock Market Efficient? A case of weak-form efficiency*” (Asiri y Alzeera, 2013).

exponente de Hurst (HHCA)<sup>20</sup>; cada método presenta alguna característica deseable por lo que se obtiene un promedio de los tres para el indicador final. De manera similar, para estimar la dimensión fractal se utiliza más de un método: periodograma, *wavelets* (W), Genton (G), y Hall-Wood (HW).

El indicador *EI* (*Efficiency index*) se define como:

$$EI = \left[ \sum_{i=1}^8 (\widehat{H}_{DFA} - 0,5)^2 + (\widehat{H}_{DMA} - 0,5)^2 + (\widehat{H}_{HHCA} - 0,5)^2 + (\widehat{D}_P - 1,5)^2 + (\widehat{D}_W - 1,5)^2 + (\widehat{D}_G - 1,5)^2 + (\widehat{D}_{HW} - 1,5)^2 + (\widehat{r}_1/2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde  $\widehat{H}_{DFA}$ ,  $\widehat{H}_{DMA}$ ,  $\widehat{H}_{HHCA}$  son estimadores del exponente de Hurst por cada método enlistados;  $\widehat{D}_P$ ,  $\widehat{D}_W$ ,  $\widehat{D}_G$ ,  $\widehat{D}_{HW}$  son estimadores de la dimensión fractal; y  $\widehat{r}_1$  es la autocorrelación de primer orden. El indicador *EI* es generalizable a *n* medidas:

$$EI = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\widehat{M}_i - M_i^*}{R_i} \right)^2}$$

Donde  $\widehat{M}_i$  es una estimación de la medida *i* de eficiencia y  $M_i^*$  es el valor esperado de la medida *i* para un mercado eficiente, y  $R_i$  es el rango de la medida *i* estandarizada. El indicador tiene un valor crítico que representa la situación ideal de mercado eficiente; para un mercado perfectamente eficiente *EI* = 0.

El periodo analizado tiene un rango desde el año 2000 hasta final de agosto de 2011, con frecuencia diaria (días de bolsa). El conjunto de datos incluye bolsas de valores de América del Norte y Sur, Europa, Asia, Oceanía, y África.

La investigación encuentra que el mercado de valores japonés, representado por el índice NIKKEI es el más eficiente; les siguen el mercado danés (KFK), húngaro (BUX), alemán (DAX), y belga (BEL20). Por otro lado, el mercado de valores más ineficiente del conjunto de datos es el peruano representado por el índice IGRA.

Kristoufek y Vosvrda (2012) concluyen que, desde un punto de vista geográfico, los mercados de valores europeos son los más eficientes en comparación con América del Sur, Asia, y Oceanía. La mitad más eficiente está compuesta por 13 mercados europeos, 5 asiáticos, 2 norteamericanos, y un africano. En cambio la mitad relativamente más ineficiente componen 6 mercados latinoamericanos,

<sup>20</sup> *Height-height Correlation Analysis*.

4 asiáticos, 4 europeos, 3 norteamericanos, y 3 de Oceanía. Hay que tomar en cuenta que algunos índices son calculados para un mercado de valores específico no nacional, sino regional.

El estudio comenta que mercados de valores de países desarrollados usualmente presentan memoria de corto plazo (o incluso ausencia de memoria), mientras que mercados de países emergentes exhiben también memoria de largo plazo.

Finalmente, al analizar los componentes de *EI* por separado, Kristoufek y Vosvrda encuentran que la clasificación de los 41 mercados por el coeficiente de Hurst en un mercado eficiente ideal ( $H = 0,5$ ) es prácticamente el mismo que por *EI*, observándose que Hurst es de por sí un indicador robusto de eficiencia de mercado.

Cheoljun Eom y Sunghoon Choi (*Hurst exponent and prediction based on weak-form efficient market hypothesis of stock markets*, 2008), utilizan el coeficiente de Hurst como medida del grado de eficiencia de 60 índices de mercado de valores de varios países. Contrastan los resultados del grado de eficiencia con la tasa de acierto (*hit rate*) de una predicción basada en el algoritmo del vecino más cercano, encontrando una relación significativa entre altas tasas de acierto y altos coeficientes de Hurst; es decir, series de tiempo que muestran ineficiencia en el mercado subyacente presentan predictibilidad.

La predicción del vecino más cercano (*nearest-neighbor prediction*) utiliza la información de la serie histórica para encontrar patrones en el pasado que ayuden a predecir al actual. Compara el patrón que se intenta predecir con los encontrados en la serie de tiempo, y de manera similar a las técnicas de *matching*, encuentra la más parecida. De acuerdo a Cheoljun Eom y Sunghoon Choi (2008) el pronóstico basado en el vecino más cercano es útil en predicción de corto plazo.

El estudio utiliza 60 índices diarios de mercado de valores de 56 países: 4 de África, 10 de América, 22 de Asia-Pacífico, y 24 de Europa. El periodo varía para cada índice de acuerdo a la disponibilidad de los datos, con fecha de inicio variando de enero de 1990 a julio de 2001; la serie finaliza en junio 2007 para todos los índices.

Cheoljun Eom y Sunghoon Choi encuentran que tanto el grado de eficiencia del mercado de valores medido por el coeficiente de Hurst, como el grado de predictibilidad medido por la tasa de acierto de la predicción del vecino más cercano son buenos clasificadores empíricos de mercados de capital emergentes y maduros, es decir mercados de países en desarrollo y desarrollados.

Di Matteo y Dacarogna (2005) uno de los autores más citados sobre temas empíricos de eficiencia de mercado utiliza el enfoque del coeficiente de Hurst para diferenciar y clasificar mercados específicos por su grado de desarrollo. En "*Long-term memories of developed and emerging markets: Using the*

*scaling analysis to characterize their stage of development*”, analiza no solo índices de precios de mercado accionario, también tasas de cambio y tasas de retorno de diferentes activos financieros, con el objetivo de catalogar a los mercados a los que pertenecen.

Entre los mercados de valores analizados por Di Matteo (2005) se encuentran 32 mercados de valores de países desarrollados y en desarrollo, el autor menciona que los primeros se caracterizan por una alta liquidez, que es menor en los mercados emergentes. Particularmente Di Matteo analiza los mercados latinoamericanos de Argentina, Brasil, México, Perú, y Venezuela, todos en el periodo 1993 – 2001 (series diarias).

Para el cálculo del  $H$ , Di Matteo opta por el método generalizado del exponente de Hurst. En ausencia de una distribución de  $H$ , para computar los intervalos de confianza se calcula  $H$  se utiliza el método *Jackknife*, es decir obteniendo muestras a partir de la serie original para recalcular  $H$ .

Los resultados de Di Matteo muestran que los mercados de valores latinoamericanos se clasifican como emergentes, es decir presentan memoria de largo plazo en las series de índices bursátiles, mientras que los mercados desarrollados se aproximan más a la eficiencia de información con  $H$  cercanos a 0,5. No obstante el ganador regional corresponde a Brasil con un  $H \sim 0,51 \pm 0,01$ , seguido de México, Argentina, Perú, y Venezuela.

Por último se hace referencia a León y Vivas (2010) en *Dependencia de Largo Plazo y la Regla de la Raíz del Tiempo para Escalar la Volatilidad en el Mercado Colombiano*, uno de los pocos estudios encontrados sobre el análisis de eficiencia de mercados específicamente para un mercado latinoamericano distinto al brasileño.

León y Vivas estiman la presencia de memoria de largo plazo en los mercados cambiario, accionario y de renta fija colombianos, para lo cual se utiliza la metodología de estimación del exponente de Hurst de Análisis de Rangos Reescalados (R/S) y método R/S modificado (mR/S). Los autores optan por el supuesto de normalidad de la distribución de  $H$  para realizar pruebas de hipótesis, aunque hay que tomar en cuenta que no se ha determinado una distribución para  $H$  por los métodos R/S y mR/S (Weron, 2002). Los resultados hallados por los autores señalan persistencia significativa en el mercado accionario y de renta fija, es decir tendencia con alta probabilidad de continuar.

## Capítulo 1: Algoritmos De Cálculo Del Coeficiente De Hurst

En este capítulo se estudia los algoritmos R/S y DFA de estimación del coeficiente de Hurst, para comprobar sus propiedades teóricas, su precisión, y calibrar los parámetros para la posterior implementación. Con este objetivo se construyó series artificiales con números aleatorios de  $2^x$  observaciones. Los métodos R/S y DFA debieran replicar los valores teóricos tanto para las series de caminata aleatoria como para las series persistentes y antipersistentes (ver tabla 1). La sintaxis de cálculo se puede consultar en los anexos A y B.

### Caminata Aleatoria

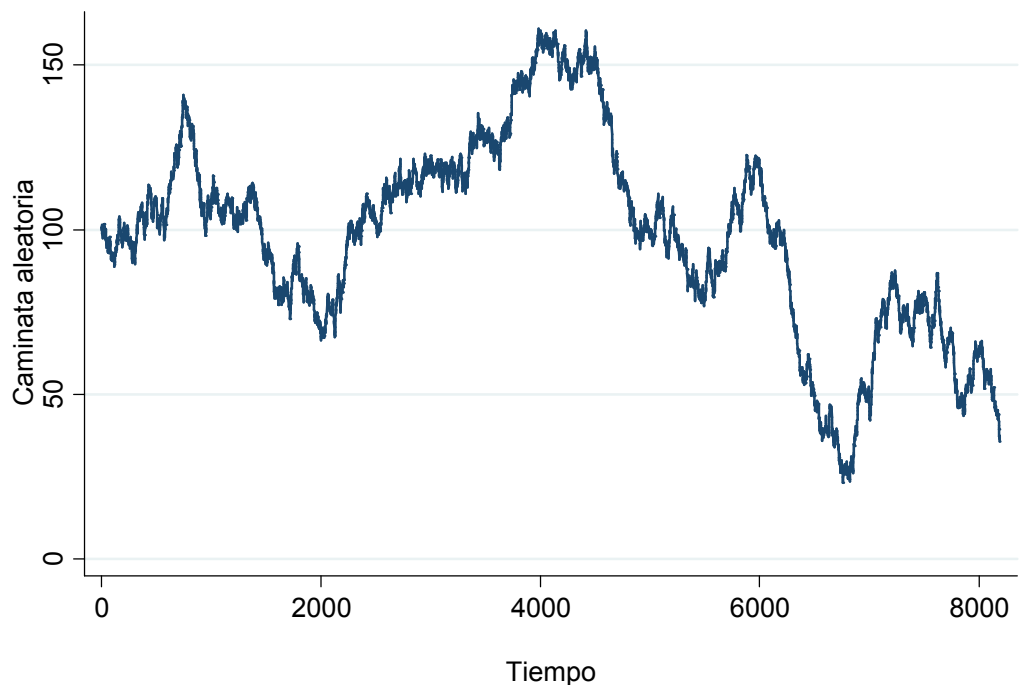
Para corroborar el algoritmo tanto R/S como DFA se realizó 500 simulaciones de caminatas aleatorias de 512, 1024, 2048, 4096 y 8192 observaciones de la forma:

$$X_t = X_{t-1} + \mu_t$$

$$\mu_t \sim N(0; 1) \quad \forall t$$

En el gráfico 10 se muestra una caminata aleatoria de 8192 observaciones.

Gráfico 9: Serie de caminata aleatoria



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

En la tabla 3 se muestran los promedios obtenidos de 500 simulaciones de series de caminata aleatoria. Se observa que el coeficiente de Hurst estimado por los métodos R/S y DFA se aproxima al valor teórico  $H \approx 0,5$ . El método R/S sobreestima ligeramente  $H$ , lo cual ha sido documentado por Qian y Rasheed (2004) y Weron (2002). Por otro lado se observa que al incrementar el tamaño de la serie, la estimación de  $H$  se aproxima mejor al valor teórico por ambos métodos, lo cual concuerda con la propiedad asintótica de  $H$ .

**Tabla 3: Estimación del coeficiente de Hurst para caminata aleatoria (500 simulaciones)**

Número de observaciones	Coeficiente de Hurst	
	Análisis de Rangos Reescalados (R/S)	Análisis de Fluctuaciones sin Tendencia (DFA)
512	0,5449	0,4972
1024	0,5256	0,5025
2048	0,5240	0,5013
4096	0,5159	0,5004
8192	0,5045	0,4995

**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Asimismo se aprecia que el método DFA se aproxima mejor al valor teórico 0,5, lo cual concuerda con la literatura revisada, por ejemplo Weron (2002).

## ***Serie Persistente***

De igual manera, se simuló 500 series persistentes de 512, 1024, 2048, 4096 y 8192 observaciones con tendencia para comprobar los algoritmos R/S y DFA. Las series persistentes presentan tendencia positiva y negativa, la cual se mantiene; una forma de generar series persistentes con tendencia positiva es:

$$X_t = X_{t-1} + \mu_t$$

$$\mu_t \sim N(0,3 ; 1,5) \text{ i. i. d. } \forall t$$

Como se observa en la tabla 4, las estimaciones del coeficiente de Hurst para series persistentes cumplen  $H > 0,5$  con  $N > 1000$ . No obstante nótese que las estimaciones para las series de 512 y 1024 observaciones no difieren demasiado de las correspondientes a caminata aleatoria. Esto se debe a que con pocas observaciones las series simuladas no alcanzan a acumular suficiente tendencia por la forma en la que están generadas, y se corresponden con series de caminata aleatoria, por ejemplo obsérvese rangos de hasta 1000 observaciones en el gráfico 10.

A partir de 2048 observaciones, las series acumulan tendencia positiva, la cual aumenta conforme se incrementa la cantidad de observaciones, y es capturada por el coeficiente de Hurst; esto significa intuitivamente que las series son cada vez “más predecibles”.

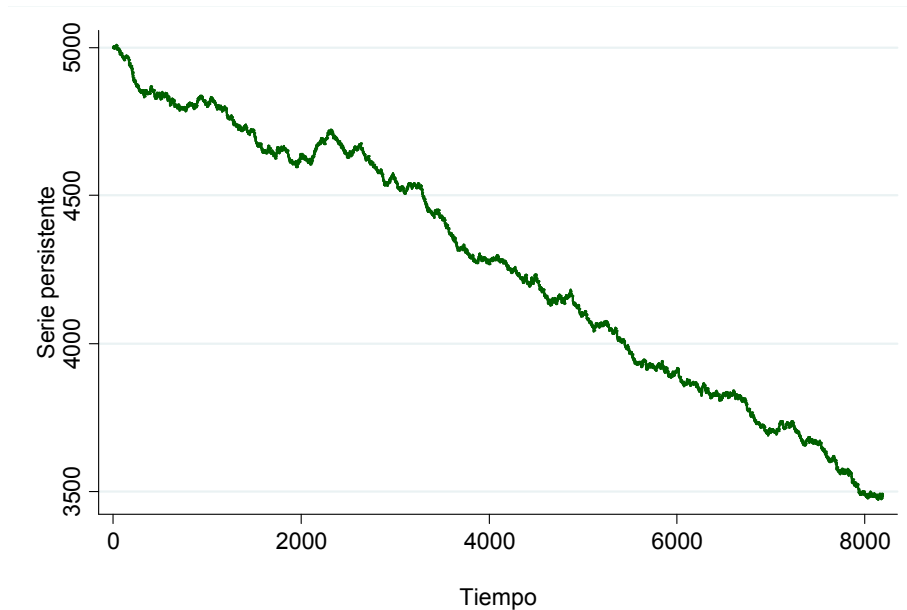
**Gráfico 10: Serie persistente (tendencia positiva)**



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

**Gráfico 11: Serie persistente (tendencia negativa)**



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

**Tabla 4: Estimación del coeficiente de Hurst para series persistentes (500 simulaciones)**

Número de observaciones	Coeficiente de Hurst	
	Análisis de Rangos Reescalados (R/S)	Análisis de Fluctuaciones sin Tendencia (DFA)
<i>Serie de tendencia positiva</i>		
512	0,5511	0,4984
1024	0,5487	0,5283
2048	0,6017	0,6528
4096	0,7064	0,8710
8192	0,8468	1
<i>Serie de tendencia negativa</i>		
512	0,5437	0,4962
1024	0,5583	0,5290
2048	0,5821	
4096	0,5942	0,8834
8192	0,7815	1

**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

### ***Serie Antipersistente***

Finalmente se simuló 500 series antipersistentes de 512, 1024, 2048, 4096 y 8192 observaciones para comprobar los algoritmos R/S y DFA. Las series antipersistentes presentan tendencia, la cual se revierte, por lo que un crecimiento en la serie es seguido con mayor probabilidad por una caída; esta compensación resulta en series cuya media tiende a ser estable. Con el objetivo de poner a prueba los algoritmos de estimación de  $H$  se generó series antipersistentes de dos formas. La primera (gráfico 12) se basó en variar la media del error  $\mu_t$  alternadamente entre bloques de igual tamaño  $B$ :

$$X_t = X_{t-1} + \mu_t$$

$$\mu_t \sim N(0,3;1) \text{ i.i.d. } \forall t \in B \text{ pares}$$

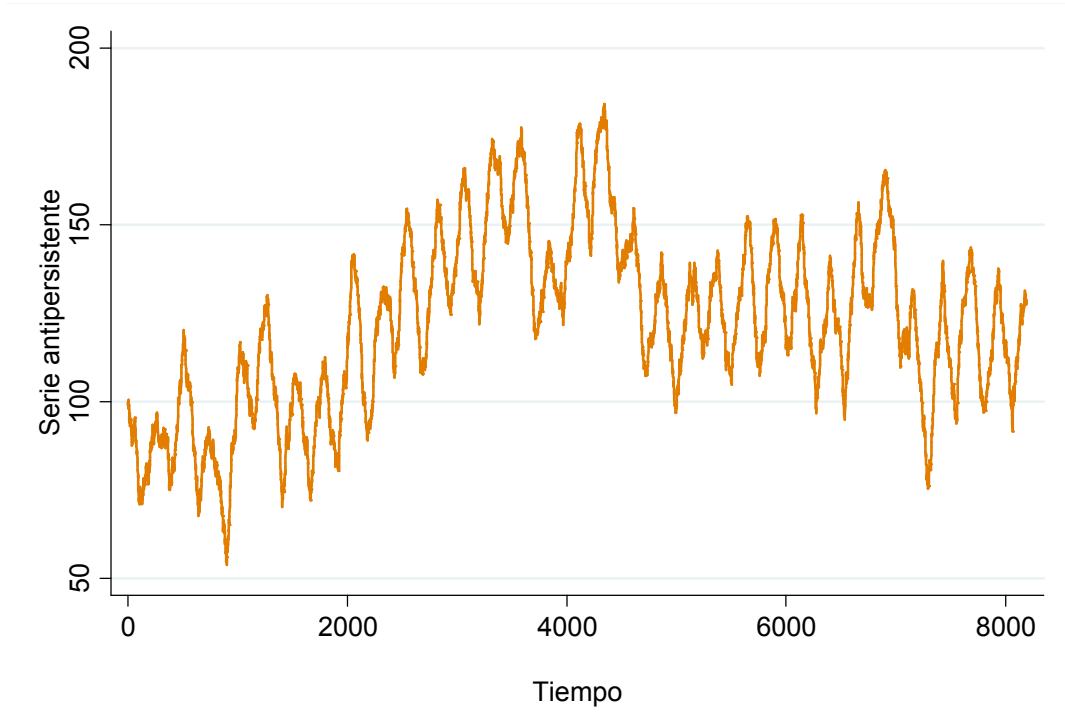
$$\mu_t \sim N(-0,3;1) \text{ i.i.d. } \forall t \in B \text{ impares}$$

La segunda forma de generar series antipersistentes se basó en la suma acumulada de una función senoide, la cual proporciona el componente cíclico, más el componente de ruido blanco:

$$X_t = X_{t-1} + \text{sen}(2\pi \times t) + \mu_t$$

$$\mu_t \sim N(0;2) \text{ i.i.d. } \forall t$$

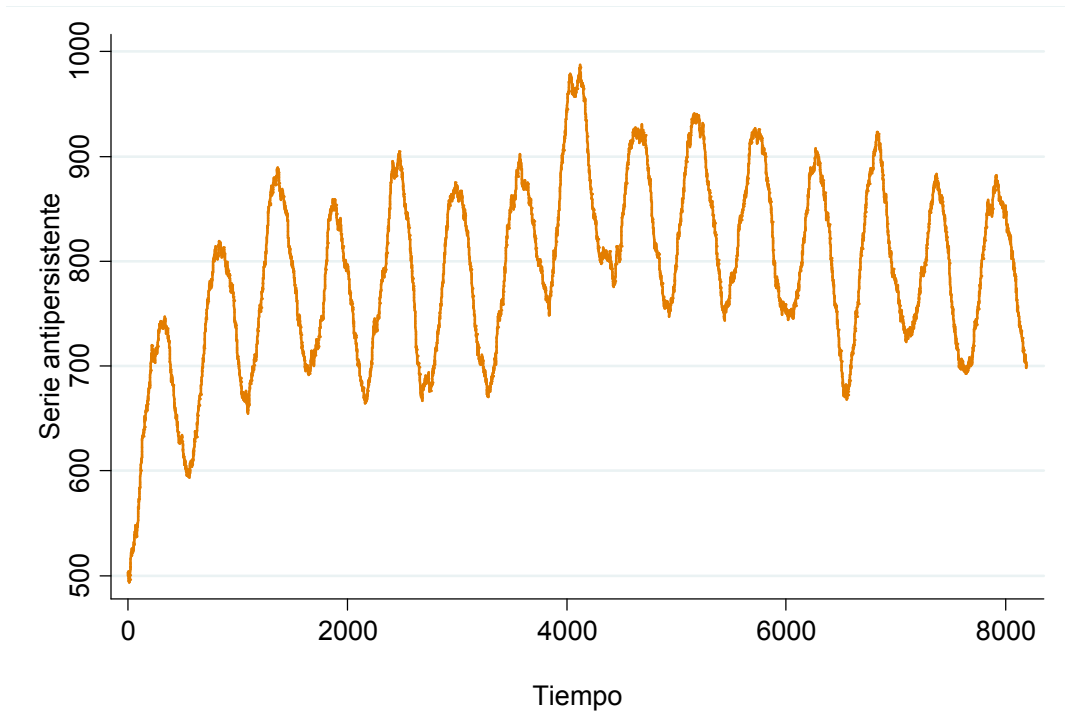
**Gráfico 12: Serie antipersistente (media móvil del error)**



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

**Gráfico 13: Serie antipersistente (sinusoide)**



**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Como se observa en el gráfico 13, este método genera series similares a las generadas por el método de media móvil del error.

En la tabla 5 se presentan las estimaciones del coeficiente de Hurst para series antipersistentes. Con más de 1000 observaciones  $H < 0,5$ . Igual que en el caso de las series persistentes, al aumentar el tamaño, la serie acumula tendencia cíclica, por lo que  $H$  se aproxima más a  $0$ , es decir es más predecible.

**Tabla 5: Estimación del coeficiente de Hurst para series antipersistentes (500 simulaciones)**

Número de observaciones	Coeficiente de Hurst	
	Análisis de Rangos Reescalados (R/S)	Análisis de Fluctuaciones sin Tendencia (DFA)
<i>Serie de media móvil del error</i>		
512	0,5159	0,4462
1024	0,4822	0,4125
2048	0,4498	0,3736
4096	0,3927	0,3197
8192	0,3132	0,2931
<i>Serie sinusoidal</i>		
512	0,4370	0,3280
1024	0,3674	0,2541
2048	0,3112	0,1814
4096	0,2568	0,1223
8192	0,2192	0,0823

**Fuente:** Series simuladas.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Una vez analizados los resultados para series simuladas, se comprueba que las estimaciones del coeficiente de Hurst obtenidas tanto por el método R/S como DFA son consistentes con la teoría, además al incrementar el número de observaciones,  $H$  se aproxima asintóticamente a los valores teóricos en las series de caminata aleatoria, persistentes y antipersistentes.

Asimismo se comprueba que el coeficiente de Hurst no es conveniente en series pequeñas, siendo óptimo 2000 observaciones en adelante. Se comprueba que el método DFA es más robusto, al no presentar la sobreestimación que pueda aparecer en las estimaciones del método R/S.

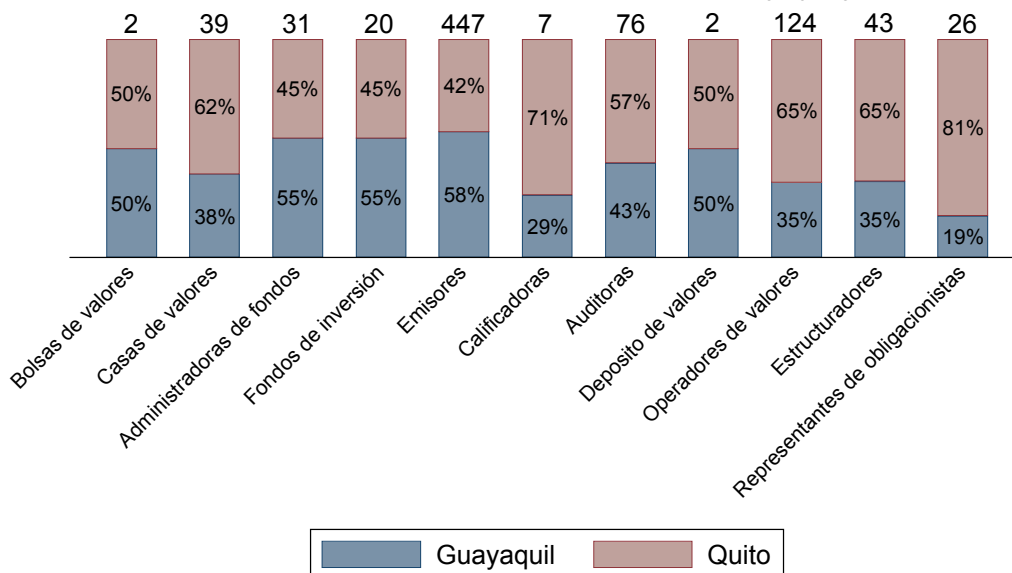
## Capítulo 2: El Mercado De Valores Ecuatoriano

El mercado de valores ecuatoriano está compuesto por dos bolsas de valores: Bolsa de Valores de Guayaquil (BVG), y Bolsa de Valores de Quito (BVQ). Ambas instituciones fueron establecidas en el país en 1969 bajo la forma jurídica de compañías anónimas, transformándose en corporaciones civiles sin fines de lucro en virtud de la primera Ley de Mercado de Valores de 1993. Las bolsas de valores de Ecuador operan cinco días a la semana durante todo el año, con excepción de feriados.

El mercado ecuatoriano se complementa por el resto de instituciones presentadas en el gráfico 15, las cuales de la misma forma se distribuyen entre Guayaquil y Quito; estas se encuentran bajo supervisión de la Superintendencia de Compañías. Las casas de valores que conforman las bolsas de valores son compañías anónimas que negocian con títulos valores al vincular la oferta y demanda, a octubre de 2013 se encontraban registradas un total de 39 casas de valores: 15 en Guayaquil y 24 en Quito.

En el mercado ecuatoriano se negocian diversos valores de renta fija y renta variable (ver anexo C) emitidos por entes públicos y privados. El número de emisores autorizados ha crecido consistentemente entre 2002 y 2013, como se observa en el gráfico 16, a un ritmo de 15,6% anual. Hasta 2007 se registraba un mayor número de emisores en Quito; para 2013 el 58% de los emisores estaban registrados en Guayaquil, los cuales ascendían a 256, mientras que los restantes 189 en Quito.

**Gráfico 14: Instituciones del mercado de valores entre Guayaquil y Quito 2013\***



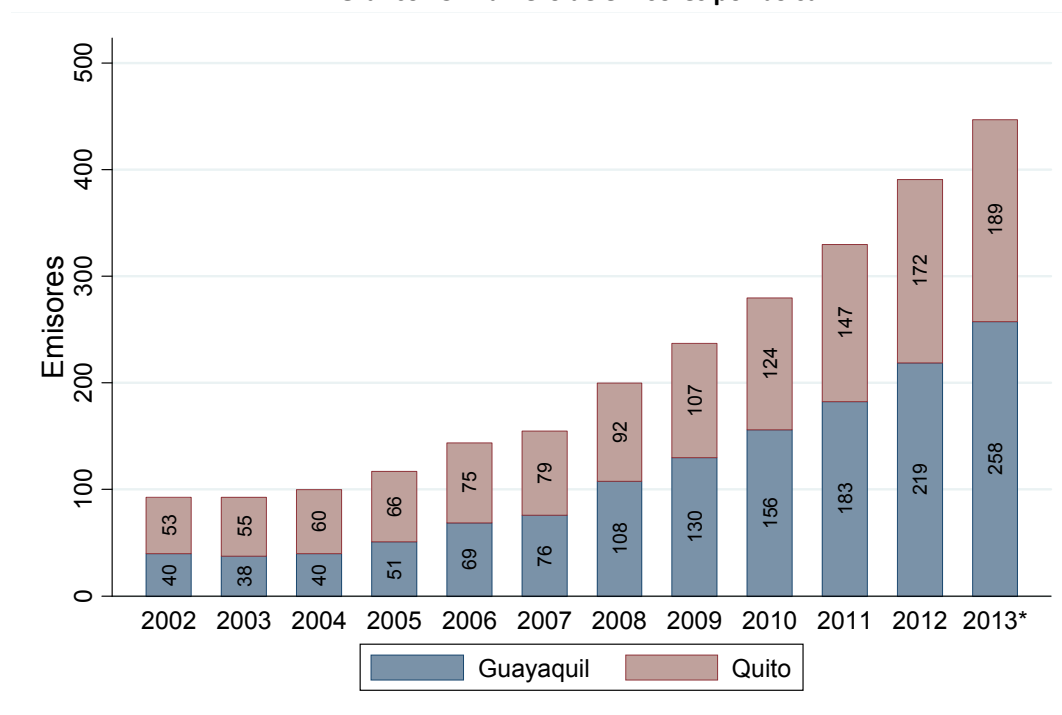
\* A octubre 2013.

**Fuente:** Superintendencia de Compañías - Base de datos Superintendencia de Compañías.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Siguiendo el gráfico 14, la mayoría de las administradoras de fondos y fondos de inversión se hallaban en Guayaquil, mientras que ocurría lo contrario con las calificadoras de riesgo, auditoras, operadores de valores, estructuradores y representantes de obligaciones.

**Gráfico 15: Número de emisores por bolsa**



\*A octubre.

**Fuente:** Superintendencia de Compañías – Anuarios estadísticos del mercado de valores, Mercado en Cifras.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

## ***Volumen total negociado***

Entre enero de 2002 y julio de 2013 se negociaron un total de \$45,7 mil millones de dólares en el mercado de capital ecuatoriano (ver gráfico 16). En 2013<sup>21</sup>, hubo un promedio diario de negociación en bolsas de valores de \$14 millones de dólares entre valores de renta fija y variable.

El crecimiento promedio del volumen de transacciones fue del 7,4% anual; porcentaje que corresponde a 10% de crecimiento promedio en Guayaquil y 5,9% en Quito. Se observa que 5 periodos presentan crecimiento de las transacciones, con una tasa de crecimiento del 41,1%, mientras que los 5 periodos de contracción<sup>22</sup> tienen una tasa de -15,7% en promedio. El año 2004 registra la mayor tasa

<sup>21</sup> A julio 2013.

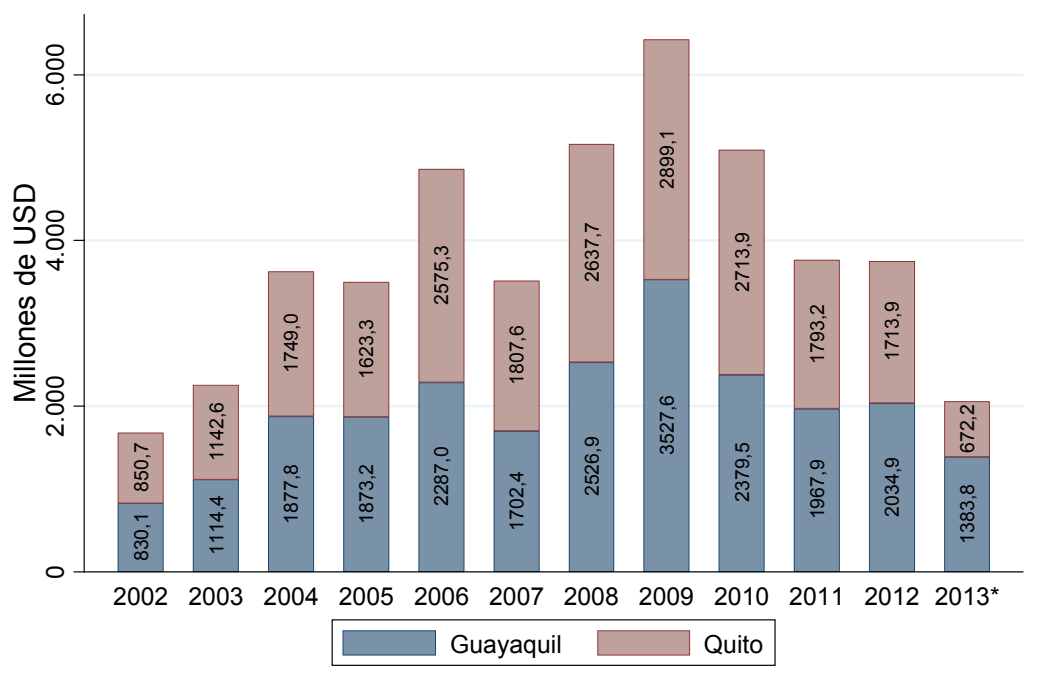
<sup>22</sup> Sin tomar en cuenta 2013, con información a octubre.

de crecimiento (61%) del volumen de transacciones, mientras que la contracción de 2011 corresponde a la mayor del periodo (-26,2%). Se registra el mayor volumen de transacciones del periodo en 2009 (\$6.426,73 millones de dólares). Debido al relativo reducido tamaño del mercado de valores ecuatoriano, los años que registran despuntes en el volumen total de activos financieros negociados se pueden explicar por uno o pocos hechos, por ejemplo el crecimiento de 2009 se debió a la transacción récord de acciones de Cervecería Nacional y Holcim.

En promedio, el 52% del volumen de las transacciones se negoció en Guayaquil durante el periodo de estudio, porcentaje que representa \$23,5 mil millones de dólares, con el restante \$22,2 mil millones para Quito.

A nivel nacional el mercado primario, es decir el mercado de emisiones de nuevas acciones, representó el 80,3% en 2013, el cual se distribuyó en 66,8% para Guayaquil y 33,2% para Quito (ver anexo D).

**Gráfico 16: Monto total de transacciones por bolsa de valores**



\*A julio.

**Fuente:** Superintendencia de Compañías – Anuarios estadísticos del mercado de valores, Mercado en Cifras. Bolsa de Valores de Quito.

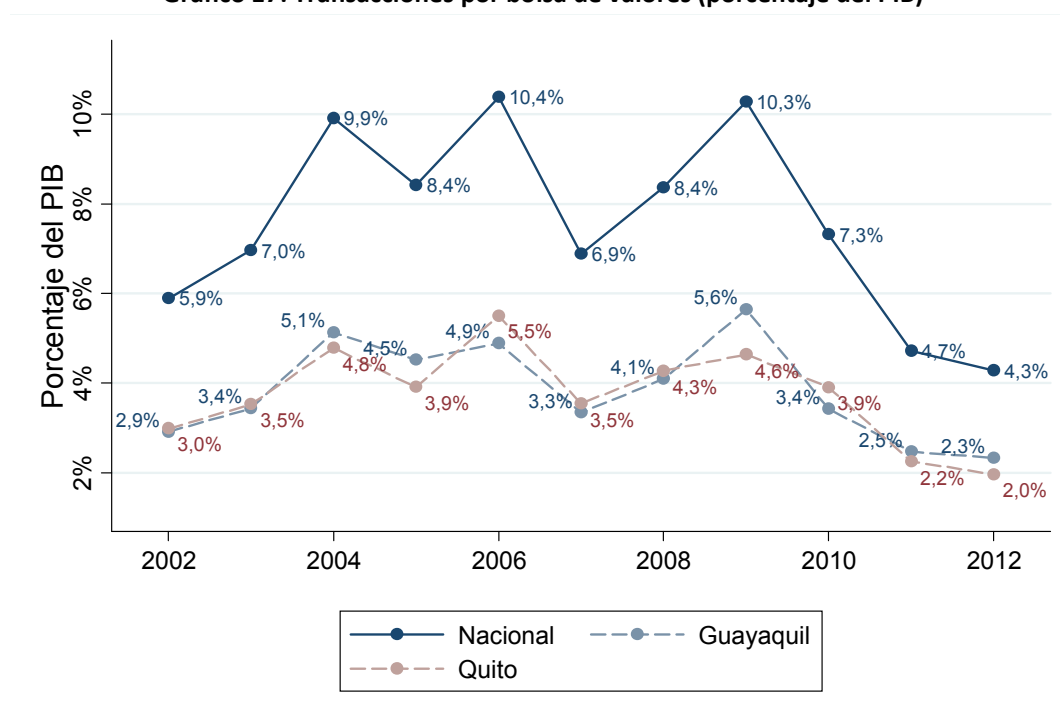
**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

El mercado de valores ecuatoriano como porcentaje del PIB tuvo un promedio anual de 7,6% en el periodo 2002 – 2012. El año 2006 y 2009 se observa los mayores porcentajes de aporte al PIB, de 10,4%

y 10,3% respectivamente (ver gráfico 17), que coinciden con años récord de volumen de negociaciones; adicionalmente se observa que durante estos años el crecimiento del PIB ecuatoriano fue por debajo del promedio, sobre todo en 2009 por resultado de la crisis económica mundial. En cambio 2011 y 2012 son los años que el aporte al PIB del mercado de valores ecuatoriano fue menor con 4,7% y 4,3% respectivamente, que coincide con los años de mayor crecimiento después de la crisis económica mundial.

Las negociaciones de mercado de valores registradas en Guayaquil tuvieron un aporte al PIB de 3,83% en promedio anual, mientras que las correspondientes en Quito alcanzaron el 3,75%.

**Gráfico 17: Transacciones por bolsa de valores (porcentaje del PIB)**



**Fuente:** Superintendencia de Compañías – Anuarios estadísticos del mercado de valores, Mercado en Cifras.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

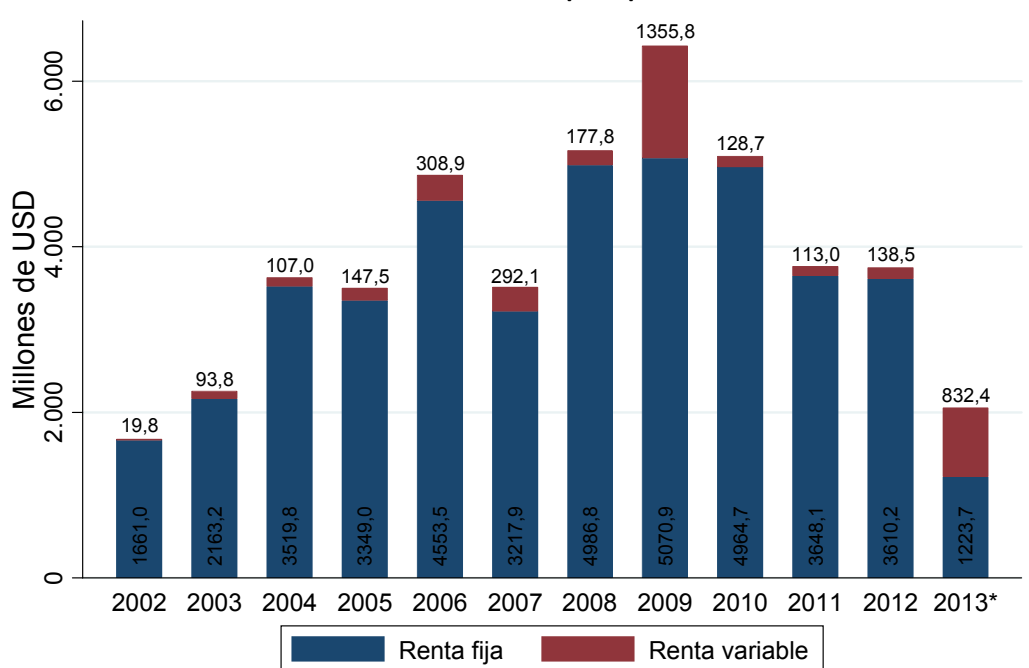
### ***Volumen negociado por tipo de renta***

Durante el periodo 2002 – 2013, en promedio el 91,5% del volumen de las transacciones del mercado de valores ecuatoriano correspondió a activos financieros de renta fija (ver gráfico 18), es decir el conjunto de títulos con tasa y vencimiento establecidos; aunque cabe mencionar que el porcentaje de crecimiento de las transacciones de renta variable es mayor a la correspondiente de renta fija (ver gráfico 19), sobre todo debido al despunte de 2009.

Por otro lado el papel de renta fija negociado en el mercado de valores se divide entre el que es emitido por el sector público y privado, como se observa en el anexo C. En 2012 por ejemplo, se negoció un total de \$3,6 mil millones de dólares, de los cuáles 38% correspondió a papel emitido por sector público y el restante 62% a privado. Los títulos públicos de renta fija más negociados en 2012 fueron certificados de inversión y bonos de estado, mientras que los certificados de depósito y valores de titularización fueron los correspondientes privados.

El papel de renta variable es en cambio únicamente emitido por el sector privado, y corresponde a los títulos valores cuya tasa depende del rendimiento de la empresa emisora. El volumen negociado en 2012 ascendió a \$138,5 millones, siendo las acciones de empresas del sector financiero el papel más negociado con el 59%. Como se observa en el gráfico 18, el valor total de las transacciones de renta variable se encuentra concentrado en los años 2009 y 2013 años que representan el 36,5% y 22,4% del valor de las transacciones de renta variable. Los años récord responden a eventos circunstanciales, por ejemplo adquisiciones o fusiones ocurridas durante el año.

**Gráfico 18: Transacciones por tipo de renta**

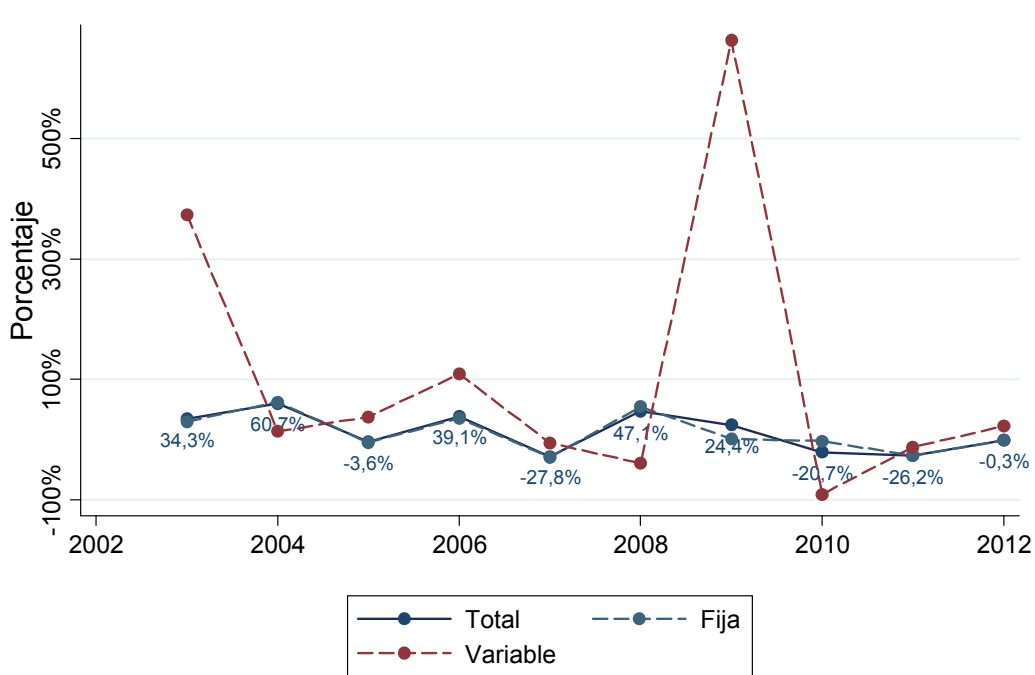


\*A julio.

**Fuente:** Superintendencia de Compañías – Anuarios estadísticos del mercado de valores, Mercado en Cifras.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

**Gráfico 19: Tasa de crecimiento del volumen de transacciones por tipo de renta**



**Fuente:** Superintendencia de Compañías – Anuarios estadísticos del mercado de valores, Mercado en Cifras. Bolsa de Valores de Quito.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

El valor de las transacciones de renta fija como porcentaje del PIB coincide aproximadamente con el correspondiente al valor total de las negociaciones del mercado de valores, siendo 7,1% el promedio del periodo. Por su parte el monto total negociado de valores de renta variable representó el 0,5% del PIB anual entre 2002 – 2012. Como se observa en la tabla 5, el valor de las transacciones de renta variable estandarizado por el PIB del mercado ecuatoriano es bajo en comparación con otros países de la región y Estados Unidos (ver anexo E). De los países considerados, solamente Bolivia y Venezuela, con el 0,1%, tienen mercados de tamaño relativamente menor al ecuatoriano; este es un indicador del nivel de desarrollo del mercado de valores, aunque en cambio un mercado grande como el estadounidense implica alta vulnerabilidad en caso de crisis financiera.

De acuerdo al gráfico 21, se observa que las transacciones de renta fija están distribuidas proporcionalmente entre los mercados de Guayaquil y Quito, con porcentajes promedio de 51% y 49%. Esta diferencia a favor de Guayaquil significa un monto negociado de aproximadamente \$500 millones de dólares adicionales entre 2002 y 2013.

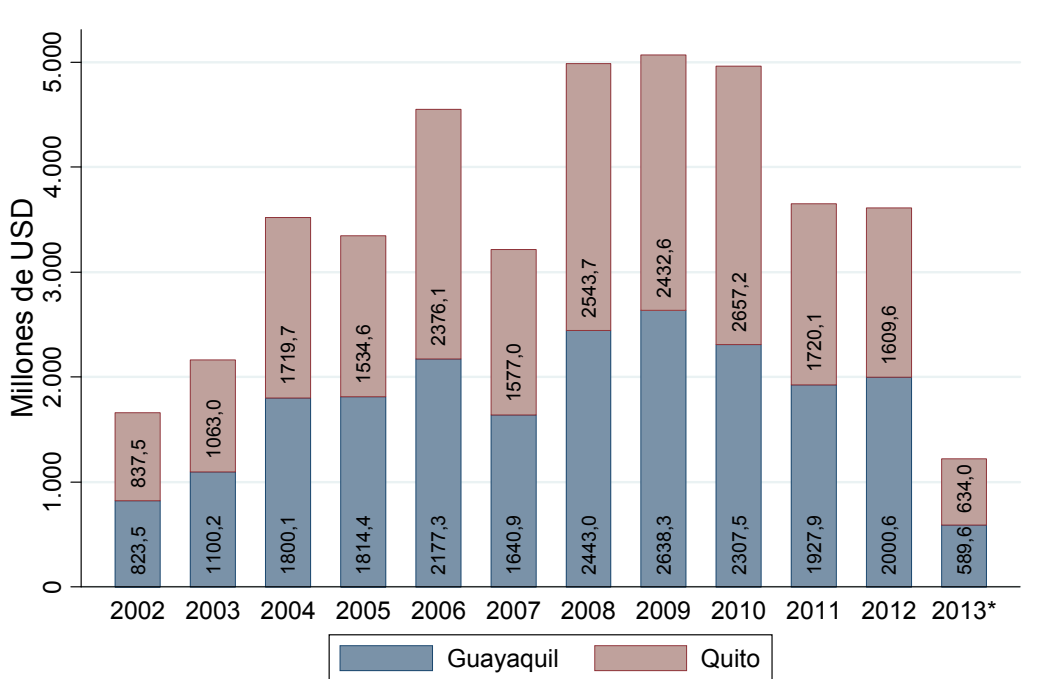
**Tabla 6: Transacciones de renta variable: porcentaje del PIB, promedio 2002 - 2012**

País	Porcentaje del PIB
Argentina	2.8%
Bolivia	0.1%
Brasil	29.1%
Colombia	4.7%
Chile	17.4%
<b>Ecuador</b>	<b>0.5%</b>
Estados Unidos	228.6%
México	7.9%
Perú	3.0%
Venezuela	0.1%

**Fuente:** *The World Bank – Catalog Sources World Development Indicators*. Superintendencia de Compañías – Anuarios estadísticos del mercado de valores, Mercado en Cifras.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

**Gráfico 20: Transacciones de renta fija por bolsa de valores**



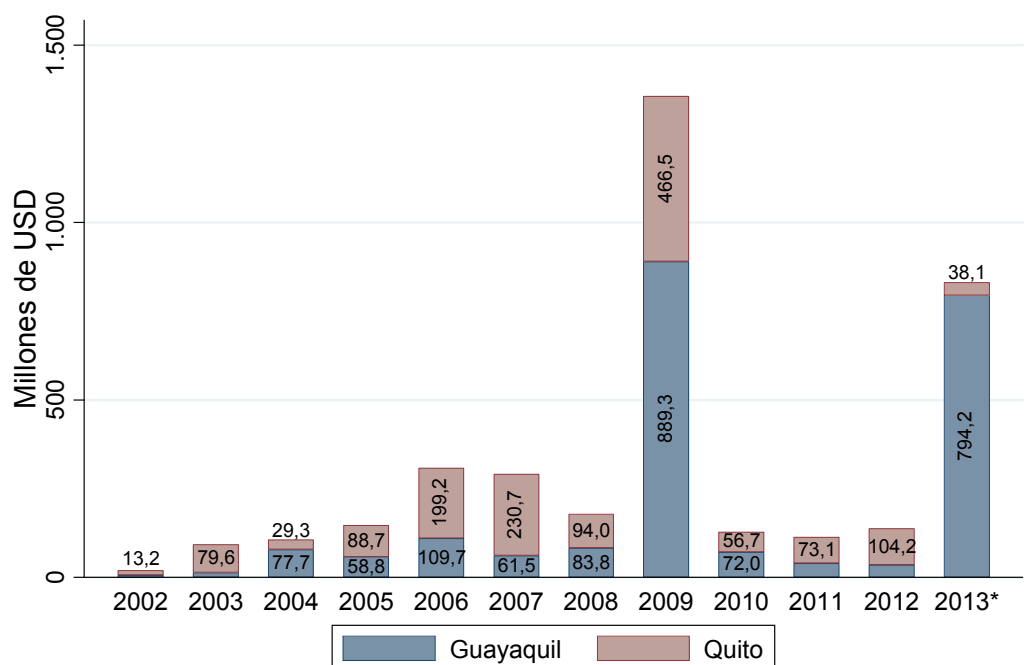
**Fuente:** Superintendencia de Compañías – Anuarios estadísticos del mercado de valores, Mercado en Cifras. Bolsa de Valores de Quito.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

En el caso de las transacciones de renta variable, se aprecia que durante el periodo se negoció un total de \$2.242 millones dólares en Guayaquil y \$1.473 millones en Quito. No obstante, como se observa en el gráfico 21, estos montos están claramente concentrados en unos pocos años del periodo. En el caso

de Guayaquil, las transacciones realizadas en 2009 y 2013 representan el 75% del valor total, mientras que en el caso de Quito las transacciones de los años 2006, 2007 y 2009 concentran el 60% del total.

**Gráfico 21: Transacciones de renta variable por bolsa de valores**



**Fuente:** Superintendencia de Compañías – Anuarios estadísticos del mercado de valores, Mercado en Cifras. Bolsa de Valores de Quito.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

El análisis descriptivo del presente capítulo tuvo como objetivo el estudio de la actividad del mercado de valores durante el periodo 2002-2013. El análisis de eficiencia del siguiente capítulo se realiza sobre la información presente en las transacciones de activos de renta variable, las cuales se observa representan en promedio menos del 10% del total de transacciones. Al mismo tiempo se observa que el mercado de activos financieros de renta variable de Ecuador es uno de los más pequeños en términos relativos de la región, que corresponde al 0,5% como porcentaje del PIB.

## ***Capítulo 3: Resultados del Análisis de Eficiencia de Información del Mercado de Valores Ecuatoriano***

En este capítulo se estudia la eficiencia de información del mercado de valores ecuatoriano, lo que supone analizar el comportamiento general de los precios de acciones. El análisis de memoria de los índices permite conocer la eficiencia con que la información pública relevante es transmitida a los participantes del mercado.

En la primera sección se examinan los aspectos más relevantes a los índices de precios del mercado de valores ecuatoriano, incluida su metodología de cálculo, estos son el IPECU-BVG y el ECUINDEX. En la segunda sección se describe la data utilizada: las series de índices de precios. Finalmente la tercera sección corresponde a los resultados del análisis de las series en busca de memoria en las series; los resultados para el mercado ecuatoriano se comparan con otros mercados de valores de la región, a fin de conocer la situación de eficiencia en el contexto regional.

### ***Índices de Precios del Mercado Ecuatoriano***

Las bolsas de valores de Guayaquil y Quito se encargan del cálculo de los índices de precios del mercado de valores ecuatoriano. Por un lado la Bolsa de Valores de Guayaquil calcula el IPECU-BVG, mientras que la Bolsa de Valores de Quito calcula el ECUINDEX. Ambos índices muestran la evolución de los precios del mercado accionario ecuatoriano, es decir el movimiento agregado de los precios de los títulos valores de renta variable (acciones de empresas), y se calculan en días hábiles.

Los índices de precios ecuatorianos se diferencian en el portafolio de acciones seleccionado, aunque este en su mayoría se comparte debido a la baja cantidad de emisores, y a que estos en su mayoría son los mismos en ambas bolsas de valores. La metodología de selección del portafolio busca que el índice se adapte a cambios en el mercado, como crecimiento o contracción de los emisores, o cambios en la demanda.

Ambos índices del mercado de valores ecuatoriano muestran la evolución general de los precios de las acciones del mercado nacional. Esto implica que su valor exacto es solo relevante en contraste con la variación respecto a periodos anteriores: si el índice aumenta, significa que en promedio los precios de las acciones están aumentado, mientras que si disminuye, el índice muestra que los precios están en promedio a la baja.

## IPECU-BVG (Guayaquil)

El IPECU-BVG, es un índice de precios del mercado accionario ecuatoriano, refleja la evolución de los precios y se ajusta con los movimientos de capital (BVG)<sup>23</sup>. La Bolsa de Valores de Guayaquil calcula también otros dos índices bursátiles: el BVG-INDEX y el IRECU-BVG, ambos índices de rendimiento. El índice se calcula sobre una canasta de acciones revisada semestralmente, los emisores representativos que componen la canasta del IPECU-BVG se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7: Emisores representativos que componen el IPECU-BVG**

IPECU-BVG	
Corporación Favorita C.A.	Inversancarlos S.A.
Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A.	Industrial Ales C.A.
Holcim Ecuador S.A.	Banco del Pichincha C.A.
Cervecería Nacional CN S.A.	Cerro Verde Forestal S.A.
Banco de Guayaquil S.A.	Banco Solidario S.A.

**Fuente:** Bolsa de Valores de Guayaquil, 2013.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Los emisores de acciones que conforman el portafolio del IPECU-BVG suman el 70% de la capitalización total del mercado. La selección de la cartera representativa se basa además en el *score (W)* de los títulos valores negociados en los últimos seis meses en base a la presencia bursátil (*Pb*), la participación en la actividad bursátil (*Pm*), y la participación en la capitalización bursátil (*Pc*):

- **Presencia bursátil.**- Indica el grado de liquidez de la acción. Se lo calcula dividiendo el número de ruedas de negociación en que la acción ha sido transada en el último semestre para el total de ruedas realizadas.
- **Participación en la actividad bursátil.**- Muestra la proporción negociada del total, correspondiente a las acciones de cada emisor.
- **Participación en la capitalización bursátil.**- Es el tamaño de mercado de las empresas emisoras de acciones, es decir el valor del total de acciones en circulación de un emisor específico multiplicado por el precio vigente.

<sup>23</sup> [www.mundobvg.com](http://www.mundobvg.com)

Cabe recalcar que el IPECU-BVG es un índice nacional, por lo que los criterios de selección son recogidos a nivel de Guayaquil y Quito (CASTRO et al, 2007). La fórmula de calificación es ponderada de la siguiente manera:

$$W = 0,7(Pb) + 0,2(Pm) + 0,1(Pc)$$

La cartera se revisa semestralmente (30 de junio y 31 de diciembre), calificándose acciones de emisores que hubieren presentado cotizaciones.

Finalmente el índice se calcula como:

$$IPECU = \left( \frac{CM_i}{B_i} \right) \times 100$$

Donde,

$i$  = Periodo corriente.

$$B_i = \text{Base al tiempo } i = B_{i-1} \times \left( \frac{CM_i}{CMA_i} \right).$$

$CM_i$  = Capitalización de mercado total de los miembros de la cartera.

$CMA_i$  = Capitalización de mercado total ajustada.

Para el cálculo diario de los índices se utiliza el precio de cierre de los títulos valores ya sea de la BVG o BVQ. En el caso de que hubiere cotizado en ambas, se escogerá a aquel que se haya registrado en la Bolsa donde el emisor sea más líquido.

### **ECUINDEX (Quito)**

El ECUINDEX es un índice nacional de precios y cotizaciones del mercado de valores ecuatoriano, calculado por la Bolsa de Valores de Quito desde 1997. Además del ECUINDEX, la BVQ calcula los índices IVQ e IRRF, el primero una medida estadística de valor monetario, y el segundo un índice de rentabilidad de activos financieros de renta fija (bonos).

El índice se construye sobre un portafolio accionario de muestra revisado semestralmente. El portafolio del ECUINDEX da cabida explícita a compañías emisoras de acciones de los sectores industrial, financiero y de servicios, con lo que además se calcula subíndices sectoriales.

En la tabla 8 se enlistan las compañías cotizantes en bolsas de valores ecuatorianas que componen la muestra representativa del ECUINDEX a octubre de 2013. El índice global está conformado por el portafolio de 10 acciones, mientras que las desagregaciones sectoriales componen los subíndices.

El ECUINDEX comparte los criterios utilizados para la selección de la muestra con el IPECU-BVG: capitalización bursátil; monto de transacciones, liquidez bursátil, a más de los cuales se añade representatividad del portafolio en los sectores industrial, financiero, y de servicios. Para el caso del ECUINDEX, los tres primeros criterios tienen idéntica ponderación.

**Tabla 8: Emisores representativos que componen el ECUINDEX**

ECUINDEX		
<i>Sector Industrial</i>	<i>Sector Financiero</i>	<i>Sector Servicios</i>
Holcim Ecuador S.A.	Banco del Pichincha C.A.	Corporación Favorita C.A.
Cervecería Nacional CN S.A.	Banco de Guayaquil S.A.	Alicosta BK Holding S.A.
Energy y Palma ENERYPALMA S.A.	Produbanco S.A.	
La Cumbre Forestal PEAKFOREST S.A.		
Holding Tonicorp S.A.		

**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

De acuerdo a la metodología de la BVQ, la canasta representativa del ECUINDEX global debe estar integrada por un mínimo de diez emisores que suman en conjunto el 70% de la capitalización bursátil total del mercado, el 80% del total de transacciones, y el 80% del total del monto efectivo transado. Para proveer representatividad sectorial, deben existir por lo menos dos emisores representativos para cada subíndice, además estos deben sumar el 60% de capitalización bursátil del total del sector, el 75% del total de transacciones, y el 75% del volumen efectivo total transado por las empresas del sector.

El índice ECUINDEX se calcula como:

$$ECUINDEX = \left\{ \left[ \sum_i^I \left( \frac{PN_i}{PB_i} \times \frac{CBIS_i}{\sum CBIS_i} \times F \right) \times 1000 \right] - 1000 \right\} + ECUINDEX_0$$

Donde,

$PN_i$  = Precio en el día de cálculo de cada acción  $i$ .

$PB_i$  = Precio en el día base de cada acción  $i$ .

$CBIS_i$  = Capitalización de la acción  $i$  en el día inicial del semestre.

$F$  = Factor de corrección, corrige por pago de dividendos y aumentos de capital.

$ECUINDEX_0$  = Valor del ECUINDEX al inicio del semestre.

El componente  $PN_i/PB_i$  de la fórmula del índice mide la variación del precio de una acción con respecto al precio base (precio al principio del semestre), mientras que la expresión  $CBIS_i/\sum CBIS_i$  pondera la variación por la proporción correspondiente a cada acción en la capitalización bursátil total.

## Descripción de los Datos

Se considera la serie diaria de índices de precios del mercado de valores ecuatoriano. Se dispone del índice ECUINDEX, calculado por la BVQ en sus cuatro aspectos: sector financiero, sector industrial, sector servicios, y global, desde 2 de enero de 2012 hasta 27 de septiembre de 2013, contándose 2.934 observaciones. En la tabla 9 se presentan los estadísticos descriptivos de la serie a nivel. La desviación estándar del índice global es 222,15, mientras que los índices sectoriales muestran más dispersión, que también se observa en el rango entre los valores mínimos y máximos.

Por otro lado se dispone del índice IPECU-BVG calculado por la BVG en el periodo 2 de enero de 2002 – 31 de julio de 2013, para un total de 2.890 observaciones. El IPECU-BVG presenta menor dispersión en comparación con ECUINDEX al observar la desviación estándar (tabla 9).

Las series de ECUINDEX e IPECU-BVG no presentan valores perdidos en días de cálculo, es decir días hábiles (semana) menos feriados, siendo la diferencia entre ambos los feriados locales: 25 de julio en Guayaquil y 6 de diciembre en Quito.

**Tabla 9: Estadísticos descriptivos, series a nivel**

Índice	Número de observaciones	Inicio	Fin	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<b>Guayaquil</b>							
IPECU-BVG	2.890	02-01-2002	31-07-2013	167,55	53,44	57,46	232,92
<b>Quito</b>							
ECUINDEX	2.934	02-01-2002	27-09-2013	882,19	222,15	288,49	1.219,15
ECUINDEX financiero	2.934	02-01-2002	27-09-2013	753,49	353,81	50,50	1.273,56
ECUINDEX industrial	2.934	02-01-2002	27-09-2013	1.146,86	313,92	406,35	1.907,27
ECUINDEX servicios	2.934	02-01-2002	27-09-2013	1.092,09	347,33	215,34	1.693,84

**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito. Bolsa de Valores de Guayaquil.

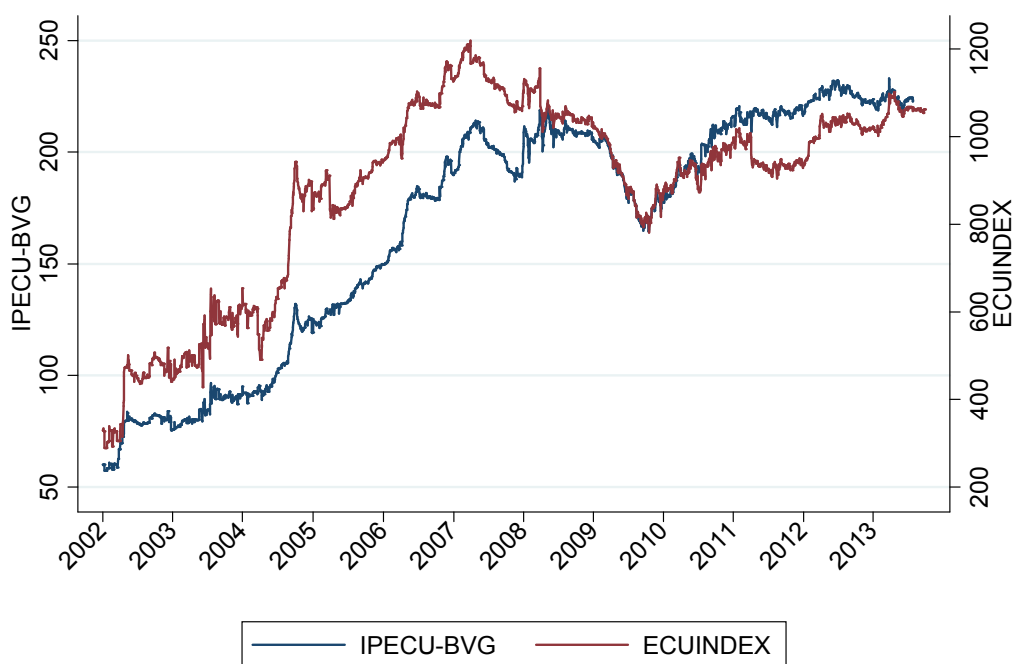
**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

En el gráfico 22 se observan las series a nivel del ECUINDEX global y el IPECU-BVG ajustados por la escala. En general ambos índices muestran la misma evolución durante todo el periodo. Entre 2002 y

2013, el valor tanto del IPECU-BVG como del ECUINDEX aproximadamente se ha triplicado, lo cual al tratarse de índices de precios se interpreta como una triplicación en promedio de los precios de las acciones del mercado de valores ecuatoriano; al no estarse tomando en cuenta la inflación, esto no significa que la ganancia neta de los inversionistas fuese el triple.

A intervalos anuales las series se parecen a caminatas aleatorias generadas artificialmente como por ejemplo el gráfico 9. Aunque localmente se puede presumir intervalos antipersistentes como ente 2002 y 2004, y también persistentes como de 2005 a 2007, globalmente no parece existir tendencia ni ciclos, o estos están saturados de ruido. Aunque si se contrasta la evolución de ambos índices con la fecha, se observa un aumento promedio de los precios en el periodo postdolarización, y una caída durante el periodo de crisis económica mundial (2008 – 2010).

**Gráfico 22: IPECU-BVG y ECUINDEX global, serie a nivel**



**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito. Bolsa de Valores de Guayaquil.

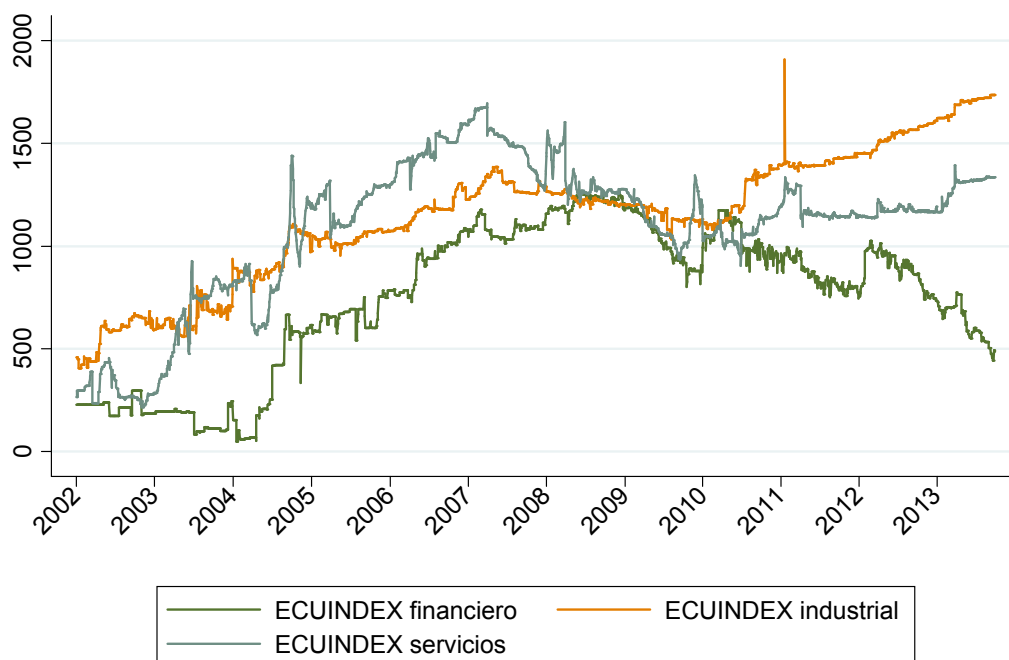
**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

La variación diaria del IPECU-BVG y ECUINDEX es en promedio positiva: de 0,48% y 0,53% respectivamente. La mayor caída en el valor diario del IPECU-BVG registrada en el periodo fue del 8%, y 14% en la serie del ECUINDEX. Mientras que el mayor aumento del valor diario fue de 6,9% para el IPECU-BVG y de 33,5% para el ECUINDEX.

En el gráfico 23 se observan los subíndices sectoriales del ECUINDEX, cuya evolución en el tiempo, de manera similar a los índices globales, asemejan gráficamente una caminata aleatoria. Las series a nivel

revelan que los precios de participaciones de empresas del sector financiero se han duplicado aproximadamente entre 2002 y 2013, mientras que en el sector industrial se han triplicado y en el sector servicios se han cuadruplicado. La variación de las series sectoriales es pues en promedio positiva. Durante el mismo periodo el crecimiento real del PIB de los sectores fue de 8,8% para el sector financiero, 4,7% para el sector industrial, y 4,4% para el sector servicios.

**Gráfico 23: Subíndices ECUINDEX sectoriales, serie a nivel**



**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Las cinco series de índices de precios estudiadas provienen de algún proceso autorregresivo, es decir su realización en un día  $t$  es una función de  $t - 1$  más la variación ocurrida en ese día en los precios; no obstante para el fin de análisis de memoria de corto y largo plazo no es necesario conocer o modelar el proceso en cuestión, debido a que el método a utilizarse para estimar el coeficiente de Hurst es robusto a series de cualquier proceso aleatorio.

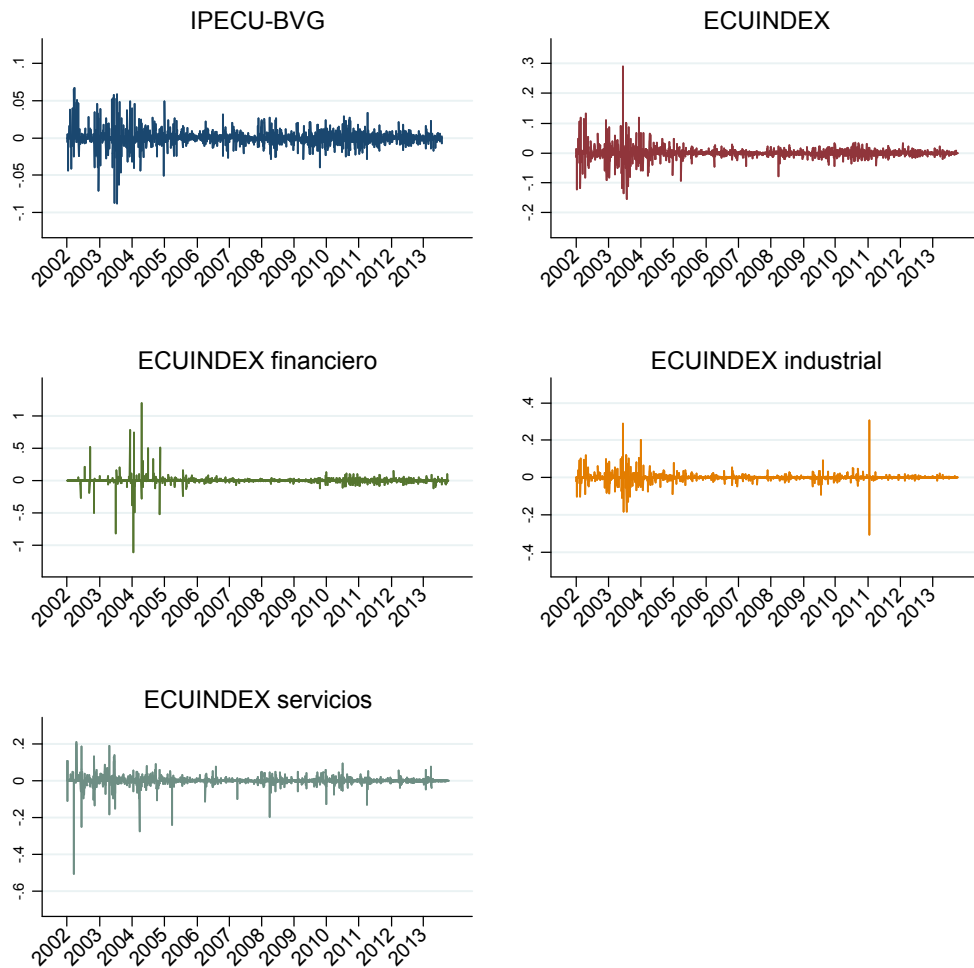
## **Memoria de Corto Plazo**

El siguiente paso para el análisis de las series de tiempo consiste en transformar las series a nivel a series de retornos logarítmicos:

$$X_t = \ln\left(\frac{x_t}{x_{t-1}}\right) = \ln(x_t) - \ln(x_{t-1})$$

En el gráfico 25 se muestran las series transformadas; gráficamente asemejan series de ruido blanco. Para el análisis de memoria de largo plazo que utiliza el método R/S de estimación del coeficiente de Hurst las series a utilizarse han de ser estacionarias para evitar sesgos en el cálculo, en la tabla 9 se reportan los estadísticos Dickey-Fuller aumentado. Todas las transformaciones han sido correctamente estacionarizadas.

**Gráfico 24: Series de retornos logarítmicos**



**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito. Bolsa de Valores de Guayaquil.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

**Tabla 10: Análisis de Estacionariedad**

Índice	Número de observaciones	<i>t</i>	<i>P(t)</i>
<b>Guayaquil</b>			
IPECU-BVG	2.890	-58,380	0,000
<b>Quito</b>			
ECUIINDEX	2.934	-59,404	0,000
ECUIINDEX financiero	2.934	-60,186	0,000
ECUIINDEX industrial	2.934	-63,717	0,000
ECUIINDEX servicios	2.934	-54,789	0,000

**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito. Bolsa de Valores de Guayaquil.

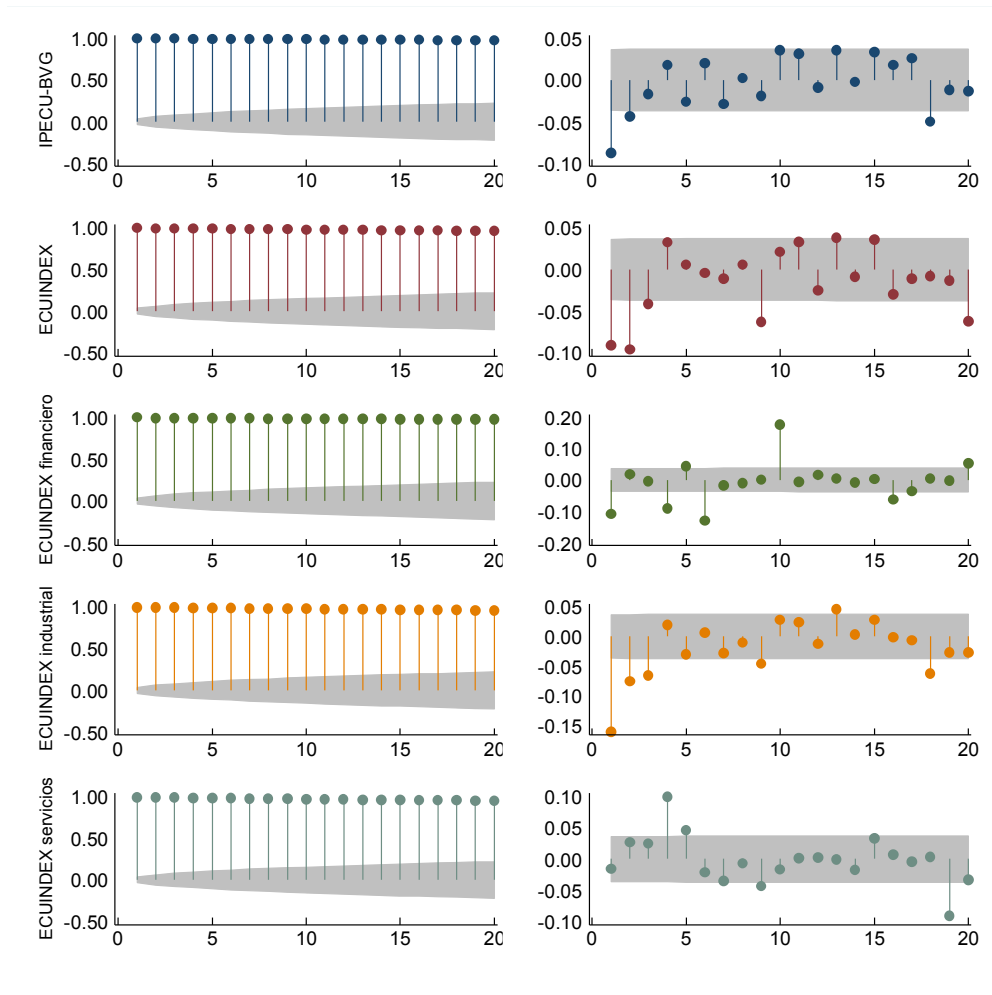
**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Ahora se analiza la memoria de corto plazo a partir de los coeficientes de autocorrelación hasta el rezago 20. Como se observa en el gráfico 26, las series a nivel tienen una alta autocorrelación positiva y significativa (están fuera de los límites a 95% de confianza) la cual al observar los rezagos (eje x) decrece muy lentamente.

Las series de retornos logarítmicos por su parte presentan coeficientes de autocorrelación que hasta el rezago 20 rondan el cero; aunque se observa que en todas las series, salvo ECUINDEX de servicios, la autocorrelación al primer rezago es negativa y significativa, esta autocorrelación alcanza el segundo rezago en la serie IPECU-BVG, y hasta el tercero en la serie ECUINDEX y ECUINDEX industrial. Se observa además coeficientes de autocorrelación significativos incluso hasta el rezago 20 en la serie de retornos logarítmicos del ECUINDEX.

Debido a la existencia de autocorrelación estadísticamente diferente de cero en los primeros rezagos, el estadístico Q de Ljung-Box muestra autocorrelación significativa en todos los rezagos (ver anexo F). El análisis de los coeficientes de autocorrelación es un primer paso para formular un modelo a usarse para predecir las series (y aprovechar cualquier oportunidad de arbitraje), por ejemplo los coeficientes de autocorrelación significativos revelan que rezagos se pueden usar para construir modelos del tipo ARIMA.

**Gráfico 25: Autocorrelaciones de series a nivel y retornos logarítmicos**



\*Bandas de confianza al 95%.

**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito. Bolsa de Valores de Guayaquil.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

## ***Memoria de Largo Plazo***

En la tabla 11 se presentan los resultados del análisis de memoria de largo plazo o global de las series de índices de precios del mercado de valores ecuatoriano capturado por el coeficiente de Hurst. Se aprecia que ninguna de las series es perfectamente aleatoria, es decir presentan memoria, la cual podría ser explotada para predecir los precios futuros, y de ahí generar arbitraje. El análisis revela que el mercado de valores de Ecuador presenta ineficiencia de información, es decir los precios no reflejan toda la información presente en la serie histórica, por lo que esta se puede utilizar para predecir precios futuros y obtener ganancias de acciones de arbitraje. No obstante los coeficiente de Hurst estimados no se encuentran demasiado alejados al valor teórico de eficiencia (0,5).

Los índices de precios nacionales, IPECU-BVG y ECUINDEX, revelan la situación de eficiencia del mercado de valores ecuatoriano. Se observa que ambos índices, pese a poseer una metodología y portafolio representativo diferente, presentan estimaciones similares, lo que añade robustez al análisis. A nivel nacional ambas series revelan series de precios antipersistentes, es decir existe tendencia, la cual se revierte en el tiempo.

La estimación de  $H$  de las serie de subíndices del ECUINDEX permite observar las ineficiencias de información a nivel sectorial. Nótese que los precios de participaciones del sector industrial, por ejemplo acciones de Holcim, son los más cercanos a una caminata aleatoria, es decir los precios son menos predecibles, con una distancia de 0,0092 al valor teórico de eficiencia.

Los precios de acciones del sector servicios, como La Favorita, son próximos al valor teórico de eficiencia, a una distancia de 0,0185. Al tenerse  $H < 0,5$  la serie es antipersistente. Conociendo esto, se puede usar las series históricas para predecir precios futuros, y al conocer cuando la tendencia (positiva o negativa) se revertirá, maximizar las ganancias de arbitraje, por ejemplo vender acciones cuando el precio es máximo, justo antes que se inicie una caída de precios.

Por último los precios del sector financiero, es decir acciones de bancos, presentan la mayor ineficiencia de información entre los sectores, a una distancia de 0,0554 de 0,5. Con  $H > 0,5$  se encuentra que los precios de participaciones del sector financiero tienen tendencia, la cual es más probable que se mantenga, es decir si los precios están en aumento, lo más probable es que estos continúen en aumento. Un participante del mercado que conoce que la tendencia de los precios se mantendrá en el tiempo, la aprovecharía para saber qué acciones comprar para invertir a largo plazo (si la tendencia del precio es positiva) y de qué acciones deshacerse (si la tendencia es negativa).

**Tabla 11: Análisis de memoria de largo plazo**

Índice	Número de observaciones	Método		Promedio
		R/S	DFA	
<b>Guayaquil</b>				
IPECU-BVG	2.890	0,4765	0,4665	0,4724
<b>Quito</b>				
ECUINDEX	2.934	0,4821	0,4468	0,4645
ECUINDEX financiero	2.934	0,5052	0,6055	0,5554
ECUINDEX industrial	2.934	0,4969	0,4847	0,4908
ECUINDEX servicios	2.934	0,5021	0,4608	0,4815

**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito. Bolsa de Valores de Guayaquil.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Una vez analizado la eficiencia de información del mercado de valores ecuatoriano en el periodo 2002-2013, se presentan los resultados para otros mercados de la región. Para cada país se ha escogido el índice de precios de renta variable más representativo en el caso de existir más de uno.

En el anexo G se grafica el ECUINDEX contra cada uno de los índices internacionales. Se observa que todos los índices con excepción del IBC tienen una evolución similar al índice ecuatoriano. Las series se caracterizan por un aumento de los precios hasta 2008 – 2009, seguido de una rápida caída durante los años de crisis económica mundial; llama la atención que el valle de esta caída en el caso de ECUADOR ocurre con retraso, es decir aproximadamente un año después que en los mercados de la región, además es menos pronunciada. Esto último se debe en parte a la menor integración y dependencia del mercado ecuatoriano con capitales extranjeros.

En la tabla 12 se muestran los resultados de estimación del coeficiente de Hurst para las series de índices de precios de mercados de valores de la región. El periodo de los datos es el mismo que para el ECUINDEX, con la excepción de los índices COLCAP e IBC<sup>24</sup>. Se calcula el promedio de las estimaciones por los métodos R/S y DFA para obtener el perfil de eficiencia de cada mercado. Se observa que los mercados de Argentina, Colombia, Chile, México, y Venezuela presentan series predecibles y persistentes; mientras que Ecuador y Perú presentan tendencia antipersistente. En términos generales hay oportunidad de arbitraje en todos los mercados, es decir se puede obtener ganancias del análisis de las series históricas de precios, siendo potencialmente más predecible los mercados con  $|\bar{H} - 0,5|$  mayores.

**Tabla 12: Análisis de eficiencia de mercado de valores, comparación con otros mercados**

País	Índice	Número de observaciones	Exponente de Hurst			$ \bar{H} - 0,5 $
			R/S	DFA	Promedio	
<i>Argentina</i>	MERV	2.889	0,5727	0,5452	0,5589	0,0589
<i>Brasil</i>	IBOVESPA	2.914	0,5020	0,4967	0,4994	0,0006
<i>Colombia</i>	COLCAP	1.399	0,5647	0,5722	0,5685	0,0685
<i>Chile</i>	IPSA	2.933	0,6096	0,5770	0,5933	0,0933
<i>Ecuador</i>	ECUINDEX	2.934	0,4821	0,4468	0,4645	0,0356
<i>México</i>	IPC	2.960	0,5465	0,5795	0,5630	0,0630
<i>Perú</i>	IGBVL	2.727	0,4455	0,4713	0,4584	0,0416
<i>Venezuela</i>	IBC	1.971	0,7629	0,7586	0,7608	0,2608

**Fuente:** YAHOO Finance. Bolsas de valores de cada país.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

En la tabla 12 se calcula la distancia del exponente de Hurst de cada mercado al valor teórico de eficiencia. Mientras que los mercados de Argentina, Colombia, Chile, Ecuador, México, y Perú

<sup>24</sup> Rangos de las series, COLCAP: 12/2007 - 09/2013, IBC: 02/2006 - 09/2013.

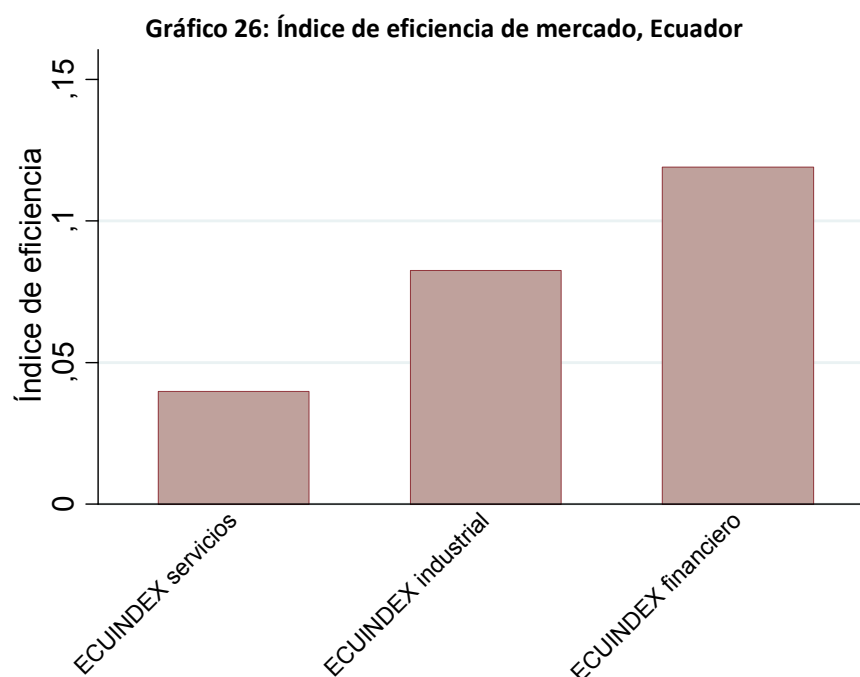
presentan una distancia absoluta a la eficiencia ( $H = 0,5$ ) entre 0,04 y 0,09, los mercados de Brasil y Venezuela presentan las distancias más atípicas. El mercado de Brasil, al presentar un coeficiente de Hurst de 0,4994, prácticamente puede considerarse un mercado eficiente en el periodo 2002 – 2013 al seguir sus precios una caminata aleatoria; en cambio el mercado de Venezuela presenta la mayor ineficiencia de información de los mercados analizados. El mercado ecuatoriano presentan la segunda menor distancia absoluta a  $H = 0,5$  entre los mercados de la región estudiados.

## Índice de Eficiencia de Mercado

Finalmente siguiendo a Kristoufek y Vosvrda (2012) se calcula un índice de eficiencia del mercado, el cual captura tanto la memoria de corto (local), como de largo plazo (global), al combinarse la distancia al valor teórico de eficiencia tanto de la autocorrelación de primer orden, junto con el coeficiente de Hurst. Al tenerse tres parámetros, el índice es de la forma:

$$IE(H, r) = \left[ \sum_{i=1}^8 (r_1/2)^2 + (\widehat{H}_{R/S} - 0,5)^2 + (\widehat{H}_{DFA} - 0,5)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde  $r_1$  es el coeficiente de autocorrelación de primer orden,  $\widehat{H}_{R/S}$  es la estimación del coeficiente de Hurst por el método R/S y  $\widehat{H}_{DFA}$  por el método DFA. Cada parámetro está restado por la distancia al valor teórico de eficiencia (0 en el caso de la autocorrelación) y está estandarizado por su correspondiente rango. El índice se interpreta como más eficiente entre más cercano a cero.



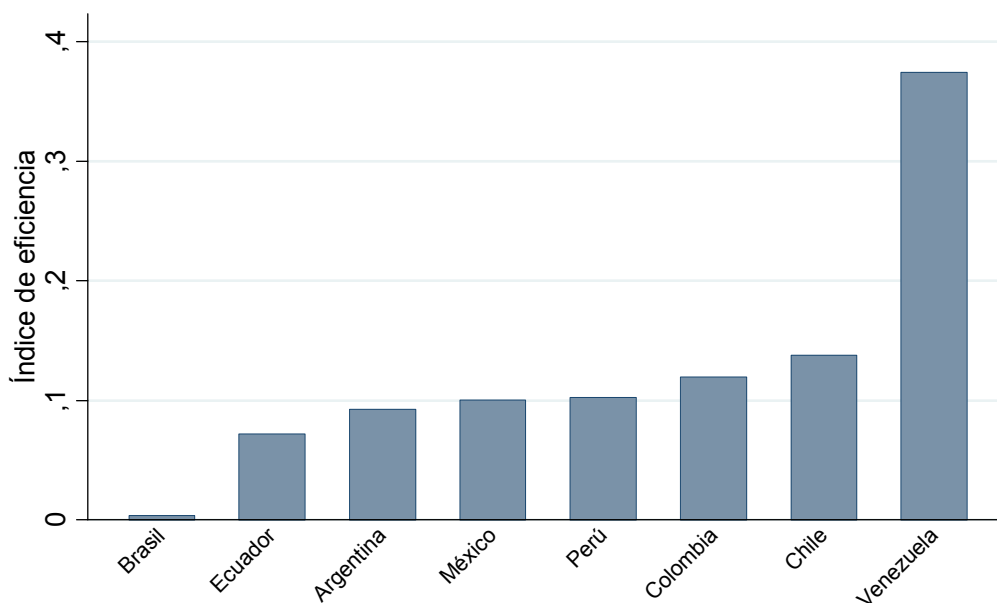
**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito. Bolsa de Valores de Guayaquil.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

En el gráfico 26 se presentan los resultados para el mercado ecuatoriano: se observa que el sector de servicios es el más eficiente en el sentido de información a nivel nacional, seguido del industrial y del sector financiero. Estos resultados revelan el tipo de acciones en las cuales hay mayor oportunidad de predicción.

Por último, en el gráfico 27 se muestran los resultados del índice de eficiencia para los mercados de la región analizados, adicionalmente en el anexo H se presentan los coeficientes de autocorrelación de primer orden. Se observa que el mercado de valores brasileño es por mucho el más eficiente, seguido del ecuatoriano, tomando en cuenta que la situación de eficiencia de los mercados desde el ecuatoriano al chileno se agolpan en un intervalo de 0,066. El mercado de Venezuela es el más ineficiente de la región.

**Gráfico 27: Índice de eficiencia de mercado, región latinoamericana**



**Fuente:** YAHOO Finance. Bolsas de valores de cada país.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

Considerando la distancia absoluta a la eficiencia, se concluye que el mercado brasileño presenta características de mercado eficiente, de ahí que sus precios sean los más impredecibles; los mercados de Ecuador, Argentina, México, Perú, Colombia, y Chile se encuentran aproximadamente en el mismo nivel de eficiencia de información: los precios ofrecen oportunidad de predicción y por ende de arbitraje por acciones de compra-venta. Por otro lado la situación de eficiencia del mercado de Venezuela revela una alta probabilidad de predicción de precios y oportunidades de arbitraje.

Estos resultados, robustos por la utilización de dos métodos de estimación del coeficiente de Hurst, están en concordancia con la literatura revisada, por ejemplo Di Matteo (2005) clasifica a los países latinoamericanos Brasil, Argentina, México, Perú y Venezuela en el mismo orden de eficiencia. Kristoufek (2012) por medio de su índice de eficiencia que incluye estimadores de la dimensión fractal, coeficiente de Hurst y coeficiente de autocorrelación clasifica a Brasil como el mercado más eficiente de la región, seguido de México, Chile y Perú.

## ***Conclusiones***

El objetivo de la presente disertación fue evaluar la eficiencia de información del mercado de valores ecuatoriano en el periodo 2002 – 2012. Para esto se construyó un índice de eficiencia de mercado de valores que toma en cuenta tanto la memoria de corto como de largo plazo. Para comprender mejor el mercado ecuatoriano se analizó la actividad económica durante el periodo a fin de contextualizar la situación de eficiencia del mercado de valores ecuatoriano en la región.

El tamaño del mercado de valores ecuatoriano como porcentaje del PIB fue de 7,6% en promedio anual en el periodo 2002 – 2013. El mercado de activos financieros de renta variable, que es el principal tema de esta disertación correspondió al 8,5% del volumen total de títulos valores negociados, lo que representa un 0,5% del PIB. El mercado de Ecuador es pues uno de los más pequeños de la región. Al margen del tamaño y características del mercado nacional, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la eficiencia de información presente en el mercado.

Se estudiaron los procedimientos modernos utilizados para medir la eficiencia de un mercado. El coeficiente de Hurst es utilizado en diversos campos, como climatología, hidrología, etc., y su mayor aplicación en economía ha sido en el análisis de series de tiempo financieras. Los métodos evaluados fueron: Análisis de Rangos Reescalados (R/S), y Análisis de Fluctuaciones sin Tendencia (DFA). Por medio de las series simuladas se comprobó la validez del coeficiente de Hurst para clasificar las series de tiempo de acuerdo a su grado de aleatoriedad, medido por la memoria global de las series. Ambos métodos replicaron los valores teóricos, siendo el método DFA mejor en series pequeñas, lo cual concuerda con la literatura revisada.

Los resultados señalan que durante el periodo estudiado el mercado de valores ecuatoriano presenta ineficiencias, en el sentido que no toda la información relevante se transmite eficazmente a los participantes del mercado. La ineficiencia se detectó al encontrar evidencia de memoria de corto y largo plazo en las series de índices bursátiles, es decir precios agregados.

Al calcularse el índice de eficiencia, se pudo clasificar los sectores económicos cotizantes en el mercado de título valores. El sector servicios aparece como el sector con la mayor eficiencia de información, por lo tanto los precios futuros de las participaciones son los menos predecibles; le sigue el sector industrial. Los precios de las acciones del sector financiero son los que más ineficiencia presentan y por lo tanto más predecibles. De acuerdo a los resultados, un inversor del mercado nacional que disponga de herramientas de predicción debería invertir en acciones del sector financiero (bancos).

Por otro lado se encontró que la situación de eficiencia del mercado ecuatoriano en el contexto regional es alentadora, pese a ser un mercado proporcionalmente pequeño, la información relevante se transmite con relativa eficacia en comparación con mercados de la región, ubicándose como el

segundo después de Brasil. Este resultado implica que la información relevante al mercado accionario nacional, como noticias de futuras adquisiciones o del desempeño de las empresas emisoras es disponible al público de manera relativamente eficaz y en corto tiempo, lo que permite adaptar las acciones de compra y venta, que en última instancia ajusta el nivel de precios. Los precios de activos financieros de renta variable son poco predecibles en el mercado ecuatoriano

## ***Recomendaciones***

Esta investigación ha revelado la situación de eficiencia del mercado de valores ecuatoriano. Matemáticamente se encontró el grado de aleatoriedad de las series, pero las causas de la relativa eficiencia del mercado solo se pueden presumir. Probablemente hay poca información en el mercado ecuatoriano que deba transmitirse. Si se observa el volumen histórico de negociaciones de activos de renta variable, se nota que los años récord no siguen una tendencia y más bien se pueden explicar por una sola adquisición o fusión de empresas, es decir son circunstanciales. La limitación de esta investigación es pues que se desconoce las causas y responsabilidades de los participantes e instituciones del mercado de valores en la transmisión de información relevante.

Asimismo la situación de eficiencia del mercado ecuatoriano no da cuenta de la rentabilidad que existe en el mismo. Se debe generar investigaciones adicionales que profundicen en esta y otras causas de éxito de mercados maduros.

El escaso desarrollo del mercado de valores ecuatoriano, observado en su relativo bajo nivel de negociación y liquidez, en parte se debe a falta de inversión nacional. Sería importante estudiar las causas de la falta de ahorro e inversión de parte de los hogares, los cuales son una de las mayores fuerzas de inversión en el mundo.

Finalmente al comprobarse la presencia de memoria tanto de corto como de largo plazo en las series de los índices de precios del mercado de valores ecuatoriano, se advierte que la utilización del supuesto de caminata aleatoria de los precios debe hacerse con precaución al no ser correcto. Este supuesto alimenta los principales modelos de valoración de activos financieros y de optimización de portafolios, y de usarse sin la debida prudencia, podría llevar a la incorrecta toma de decisiones.

## Referencias Bibliográficas

AATOLA Piia, OLLIKKA Kimmo, OLLIKAINEN Markku (2010). ***Weak and Semi-Strong Forms of Informational Efficiency in the EU ETS Markets***. University of Helsinki Department of Economics and Management. Discussion Papers N° 48, Finlandia.

ALEXEEV Vitali y TAPON Francis (2011). ***Testing weak form efficiency on the Toronto Stock Exchange***. Journal of Empirical Finance 18, 661-691, Estados Unidos.

ASIRI Batool y ALZEERA Hamad (2013) ***Is the Saudi Stock Market Efficient? A case of weak-form efficiency***. Research Journal of Finance and Accounting Vol.4, No.6, 2013.

BARTLETT M. S. (1946) ***On the Theoretical Specification and Sampling Properties of Autocorrelated Time-Series***. Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society Vol. 8, No. 1, pp. 27-41, Reino Unido.

BRIGHAM Eugene y HOUSTON Joel (2007). ***Fundamentals of Financial Management***. (Décima primera edición). Estados Unidos: Thompson South-Western.

CASTRO C., MOROCHO K., OJEDA V., ROMERO M. (2007) ***Determinación de los Riesgos Financieros B para las Empresas Ecuatorianas: Caso Banco del Pichincha*** (Disertación de grado), Facultad de Ciencias Humanísticas y Económicas de la ESPOL.

DI MATTEO T., ASTE T. y DACAROGNA M. (2005) ***Long-Term memories of developed and emerging markets: Using the scaling analysis to characterize their stage of development***. Journal of Banking and Finance 29 (2005) 827-851, Países Bajos.

DIMSON Elroy y MUSSAVIAN Massoud (2000). ***Market Efficiency***. Spellbound Publications. The Current State of Business Disciplines. Vol.3, PP. 959-970.

EOM Cheoljun y CHOI Sunghoon (2008) ***Hurst exponent and prediction based on weak-form efficient market hypothesis of stock markets***.

FAMA, Eugene (1965). ***The Behavior of Stock Market Prices***, Journal of Business, 38, pp. 34-105, Estados Unidos

FAMA, Eugene (1970). ***Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work***, Journal of Finance, 25, pp. 383-417, Estados Unidos.

FAMA Eugene y FRENCH Kenneth (2004) ***The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence***. Journal of Economic Perspectives—Volume 18, Number 3—Summer 2004—Pages 25–46. Estados Unidos.

- FORMOSA I. (2008). **Measuring Market Efficiency: A Comparative Study**. Bank of Valletta Review, No. 38, Otoño 2008, Malta.
- GUJARATI Damodar y PORTER Dawn (2009). **Econometría** (Quinta edición). México: McGraw-Hill.
- GROSSMAN, Sanford y STIGLITZ Joseph (1980). **On the Impossibility of Informationally Efficient Markets**. American Economic Review, 70, pp. 393-408, Estados Unidos.
- HURST Harold (1951). **Long-term storage of reservoirs: an experimental study**. Transactions of the American society of civil engineers, 116, 1951, 770-799, Estados Unidos.
- KING R., ROSS L. (1993) **Finance and Growth: Schumpeter Might Be Right**. Quarterly Journal of Economics, Estados Unidos.
- KOCH Alexander (2007) **Factor Models and Arbitrage Pricing Theory (APT)**. Lectures 6 and 7. Department of Economics, Reino Unido: Royal Holloway, University of London.
- KRISTOUFEK Ladislav (2010). **Rescaled Range Analysis and Detrended Fluctuation Analysis: Finite Sample Properties and Confidence Intervals**. AUCO Czech Economic Review 4 (2010) 315–329, República Checa.
- KRISTOUFEK Ladislav y VOSVRDA Miloslav (2012) **Measuring Capital Market Efficiency: Global and Local Correlations Structure**. Preprint submitted to Physica A, Agosto 2012.
- LAWLER G., Limic V. (2010). **Random Walk: A Modern Introduction**. Reino Unido: Cambridge University Press.
- LEÓN Carlos y VIVAS Francisco (2010). **Dependencia de largo plazo y la regla de la raíz del tiempo para escalar la volatilidad en el mercado colombiano**. Borradores de Economía N° 603, Colombia.
- LEVY, D. (2007) **Price Rigidity and Flexibility: Recent Theoretical Developments**, MPRA Paper, No.2761, Alemania.
- MACKINLAY C. (1997). **Event Studies in Economics and Finance**. Journal of Economic Literature Vol. XXXV (March 1997), pp. 13–39, Estados Unidos.
- MISHKIN F. (2004). **The Economics of Money, Banking, and Financial Markets** – Seventh Edition. Reino Unido: Pearson Education Limited.
- MITRA S. K. (2012). **Is Hurst Exponent Value Useful in Forecasting Financial Time Series?** Asian Social Science: Vol. 8, No. 8; July 2012.
- MITTAL Ashish y BHARDWAJ Rashmi (2011). **Predictability Index, Fractal Dimension and Hurst Exponent Estimation of Indian Air Pollution Parameters**. International journal of Advanced Scientific and Technical Research Issue 1, Vol 2 December 2011, Estados Unidos.

PENG, C.K. BULDYREV S., HAVLIN S., SIMONS M., STANLEY H., Goldberg A. (1994). ***Mosaic organization of DNA nucleotides.*** Phys. Rev. E 49: 1685–1689. doi:10.1103/physreve.49.1685, Estados Unidos.

POTOCKI Tomasz y ŚWIST Tomasz (2012). ***Empirical Test of the Strong Form Efficiency of the Warsaw Stock Exchange: the Analysis of WIG 20 Index Shares.*** South-Eastern Europe Journal of Economics 2 (2012) 155-172, Grecia.

QIAN Bo y RASHEED Khaled (2004). ***Hurst Exponent and Financial Market Predictability.*** Department of Computer Science.

SEWELL Martin (2011). ***History of the Efficient Market Hypothesis.*** UCL Department of Computer Science, Research Note RN/11/04, Reino Unido.

WERON Rafal (2002). ***Estimating long-range dependence: finite sample properties and confidence intervals.*** Physica A 312 (2002) 285 – 299.

WOODFORD, M. D. (2002) ***Financial Market Efficiency and the Effectiveness of Monetary Policy.*** Economic Policy Review, Vol. 8(1): 85-94.

WEISSTEIN, E. ***Hurst Exponent.*** From MathWorld--A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/HurstExponent.html>

## Anexos

### Anexo A: Sintaxis de cálculo (STATA) del coeficiente de Hurst por el método R/S

```
*R/S
qui count
local N = r(N)
local var = "returns"

*Parámetros de cálculo:
local smin = 8 //scale min: mínimo número de valores (primera escala)
local sr = 2 //scale ratio

local n_rs = log(`N'/`smin')/log(`sr')-1
dis "`n_rs'" // por lo menos 10 puntos para obtener la pendiente

forval mult = 2/12 {

    if `mult'<12 preserve
    local d = `mult' //número de bloques
    local L = round(`N'/`d') //longitud de los bloques

    dis "`mult': `d' `L'"
    local L_aux = `L'-1

    gen blocks = .
    forval b = 1/`d' {
        local li = `L'*`b' - `L_aux'
        local ls = `L'*`b'
        replace blocks = `b' if _n >= `li' y _n <= `ls'
    }
    *
    bys blocks : egen s = sd(`var') //serie de desviaciones estándar

    gen z = .
    forval b = 1/`d' {
        sum `var' if blocks == `b'
        replace z = `var' - r(mean) if blocks == `b' //se normaliza
    }
    bys blocks : gen y = sum(z) //serie acumulada por bloque

    gen r = .
    forval b = 1/`d' {
        sum y if blocks == `b'
        replace r = r(max) - r(min) if blocks == `b'
    }
    *
    gen rs = r/s

    sum rs

    mat t = nullmat(t)\ `L'
    mat rs = nullmat(rs)\ r(mean)
```

```

        if `mult'<12 restore
*       if `mult'<`n_rs' restore
    }
mat t_rs = t, rs
mat list t_rs

svmat t_rs

gen log_rs = log(t_rs2)
gen log_t = log(t_rs1)

reg log_rs log_t

```

### Anexo B: Sintaxis de cálculo (STATA) del coeficiente de Hurst por el método DFA

```

*DFA
sum returns
gen rwp = sum(returns) - r(mean) //serie perfil

local N = _N
local var = "rwp"

*Parámetros de cálculo:
local smin = 8 //scale min: mínimo número de valores (primera escala)
local sr = 2 //scale ratio

local n_rs = log(`N' / `smin') / log(`sr') - 1
dis "`n_rs'" // por lo menos 10 puntos para obtener la pendiente

forval mult = 2/12 {

    if `mult'<12 preserve
    local d = `mult' //número de bloques
    local L = round(`N' / `d') //longitud de los bloques

    dis "`mult': `d' `L'"
    local L_aux = `L' - 1

    gen blocks = .
    forval b = 1 / `d' {
        local li = `L' * `b' - `L_aux'
        local ls = `L' * `b'
        replace blocks = `b' if _n >= `li' y _n <= `ls'
    }
    *
    gen y = `var'

    bys blocks : gen x = _n
    gen poli = .
    forval b = 1 / `d' {
        reg y x if blocks == `b' //ols para extraer la tendencia
        replace poli = _b[_cons] + _b[x]*x if blocks == `b'
    }
}

```

```

    }
    gen det = (y - poli)^2 //series sin tendencia
    bys blocks: egen F = mean(det)
    replace F = sqrt(F)

    sum F

    mat t = nullmat(t) \ `L'
    mat rs = nullmat(rs) \ r(mean)

    if `mult' < 12 restore
}
mat t_rs = t, rs
mat list t_rs

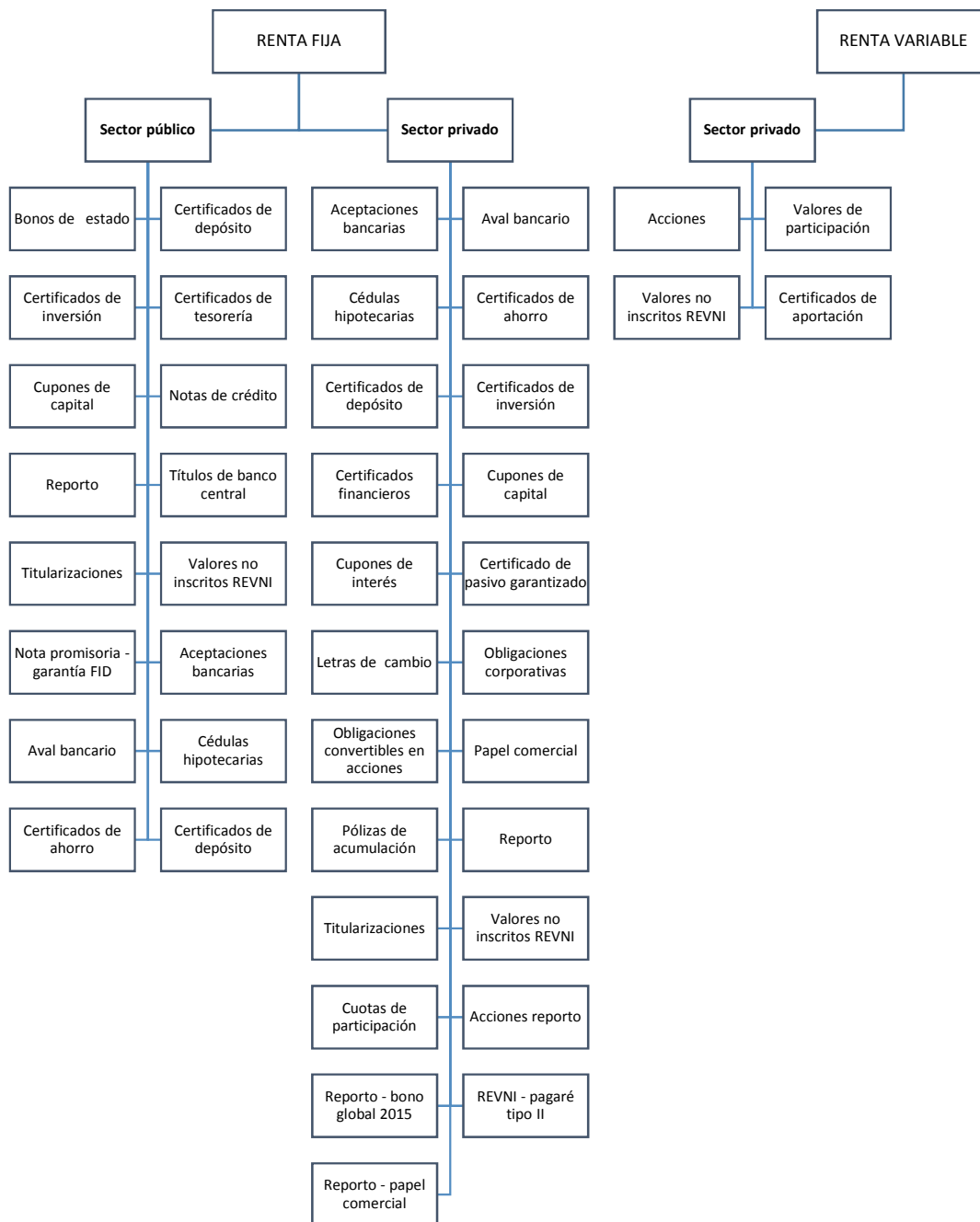
svmat t_rs

gen log_rs = log(t_rs2)
gen log_t = log(t_rs1)

reg log_rs log_t

```

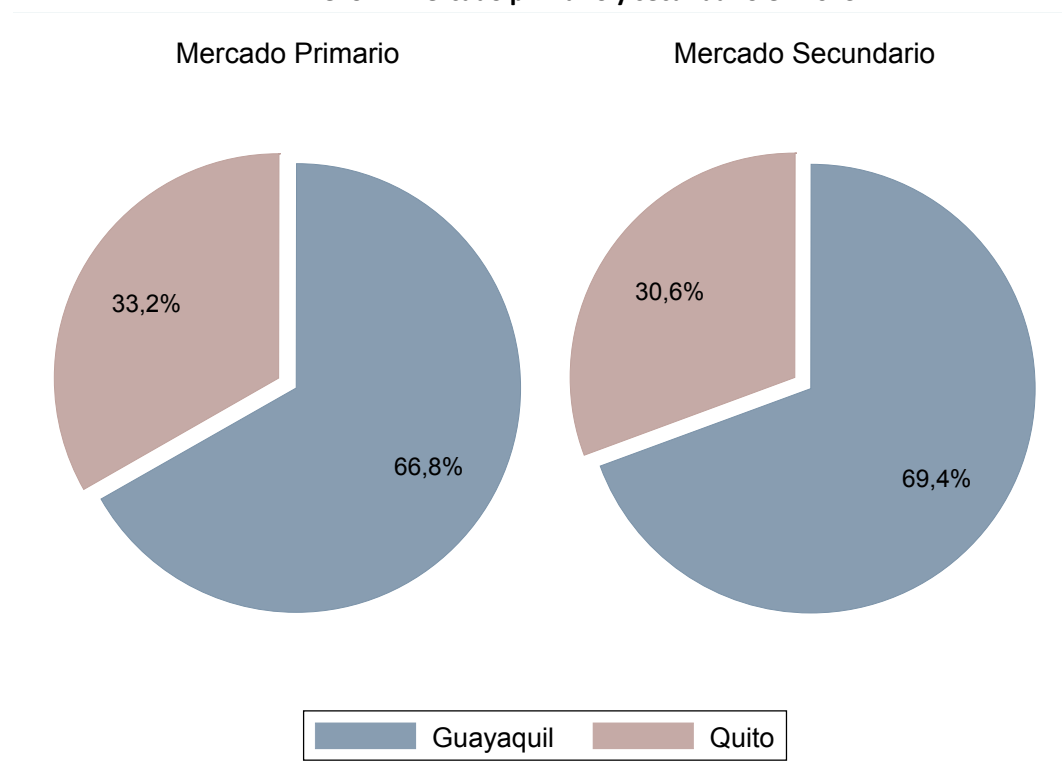
## Anexo C: Tipos de papel negociado en el mercado de valores ecuatoriano



**Fuente:** Superintendencia de Compañías, Bolsa de Valores de Quito.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

### Anexo D: Mercado primario y secundario en 2013\*



\*A julio.

**Fuente:** Superintendencia de Compañías – Anuarios estadísticos de del mercado de valores, Mercado en Cifras.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

### Anexo E: Aporte al PIB del monto total negociado de títulos de renta variable

País	Año										
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Argentina	1.3%	3.8%	5.0%	9.0%	2.1%	3.2%	4.1%	0.9%	0.7%	0.6%	0.3%
Bolivia	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Brasil	9.6%	10.9%	14.1%	17.5%	23.4%	42.8%	44.0%	40.1%	42.0%	38.8%	37.0%
Colombia	0.3%	0.4%	1.2%	4.3%	7.0%	5.0%	5.1%	5.5%	8.0%	8.1%	7.0%
Chile	4.4%	8.4%	11.5%	15.2%	18.6%	25.7%	20.4%	21.8%	25.0%	22.7%	17.3%
Ecuador	0.1%	0.3%	0.3%	0.4%	0.7%	0.6%	0.3%	2.2%	0.2%	0.1%	0.2%
Estados Unidos	231.1	135.1	157.7	164.3	240.1	294.3	434.9	324.2	203.6	198.0	131.6
Unidos	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
México	3.7%	3.3%	5.5%	6.1%	8.3%	11.1%	9.8%	8.6%	10.4%	9.7%	10.0%
Perú	2.0%	1.3%	1.6%	2.5%	4.6%	6.8%	3.9%	2.4%	2.5%	2.7%	2.4%
Venezuela	0.1%	0.2%	0.4%	0.2%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

**Fuente:** *The World Bank – Catalog Sources World Development Indicators*. Superintendencia de Compañías

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

**Anexo F: Coeficientes de autocorrelación, series de retornos logarítmicos**

Rezagó	IPECU-BVG	ECUINDEX	ECUINDEX financiero	ECUINDEX industrial	ECUINDEX servicios
1	-0,0872**	-0,0908**	-0,1097**	-0,1621**	-0,0158**
2	-0,0439**	-0,0956**	0,0170**	-0,0764**	0,0262**
3	-0,0168**	-0,0413**	-0,0035**	-0,0665**	0,0240**
4	0,0176**	0,0324**	-0,0902**	0,0198**	0,0994**
5	-0,0265**	0,0054**	0,0441**	-0,0303**	0,0454**
6	0,0202**	-0,0047**	-0,1311**	0,0065**	-0,0215**
7	-0,0293**	-0,0109**	-0,0167**	-0,0287**	-0,0348**
8	0,0016**	0,0056**	-0,0094**	-0,0112**	-0,0073**
9	-0,0188**	-0,0624**	-0,0003**	-0,0467**	-0,0436**
10	0,0355**	0,0210**	0,1770**	0,0275**	-0,0173**
11	0,0313**	0,0334**	-0,0058**	0,0233**	0,0009**
12	-0,0089**	-0,0251**	0,0157**	-0,0132**	0,0019**
13	0,0359**	0,0378**	0,0029**	0,0459**	-0,0002**
14	-0,0028**	-0,0089**	-0,0086**	0,0029**	-0,0174**
15	0,0337**	0,0356**	0,0013**	0,0271**	0,0334**
16	0,0176**	-0,0297**	-0,0636**	-0,0016**	0,0073**
17	0,0255**	-0,0108**	-0,0362**	-0,0066**	-0,0042**
18	-0,0499**	-0,0084**	0,0040**	-0,0633**	0,0031**
19	-0,0116**	-0,0133**	-0,0026**	-0,0269**	-0,0905**
20	-0,0131**	-0,0619**	0,0536**	-0,0276**	-0,0335**

\*\*Q de Ljung-Box significativo al 95%.

**Fuente:** Departamento Técnico / Bolsa de Valores Quito. Bolsa de Valores de Guayaquil.

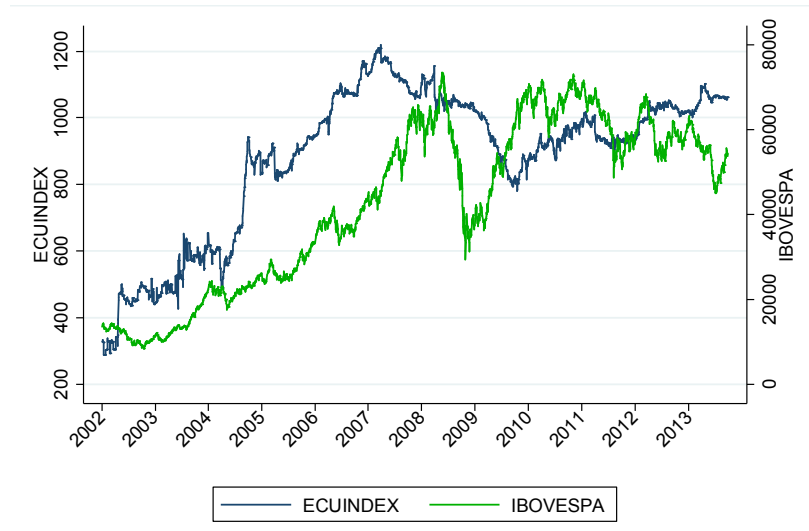
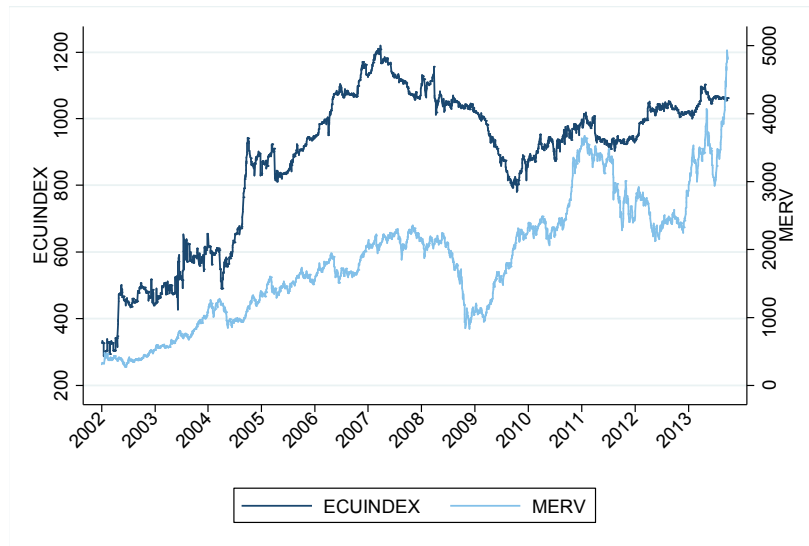
**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

**Anexo G: Series de índices de precios internacionales vs ECUINDEX**

País	Índice	
Argentina	MERV	Índice Mercado de Valores de Argentina
Brasil	IBOVESPA	Índice Bolsa de Valores do Estado de São Paulo
Colombia	COLCAP	Índice Accionario de Capitalización
Chile	IPSA	Índice de Precios Selectivo de Acciones
México	IPC-MXX	Índice de Precios y Cotizaciones
Perú	IGBVL	Índice General de la Bolsa de Valores de Lima
Venezuela	IBC	Índice Bolsa de Valores de Caracas

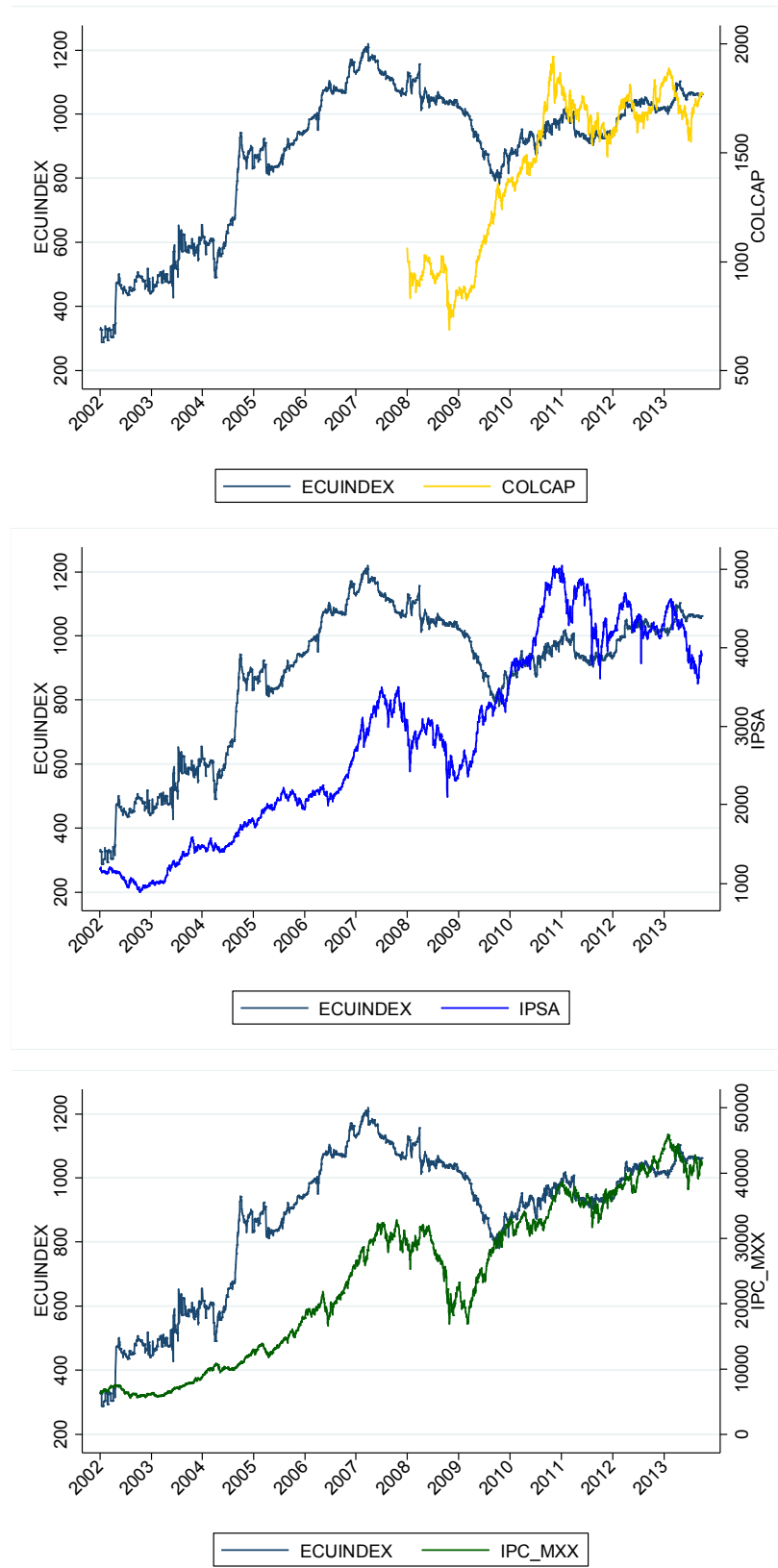
**Fuente:** YAHOO Finance. Bolsas de valores de cada país.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.



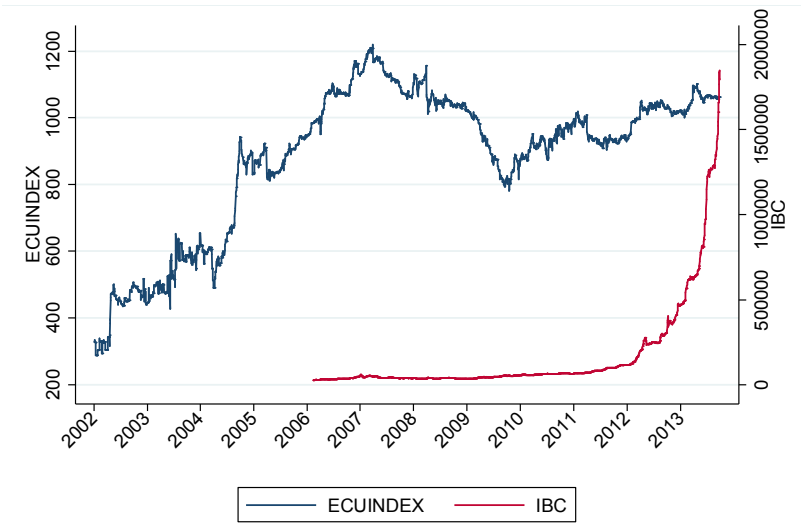
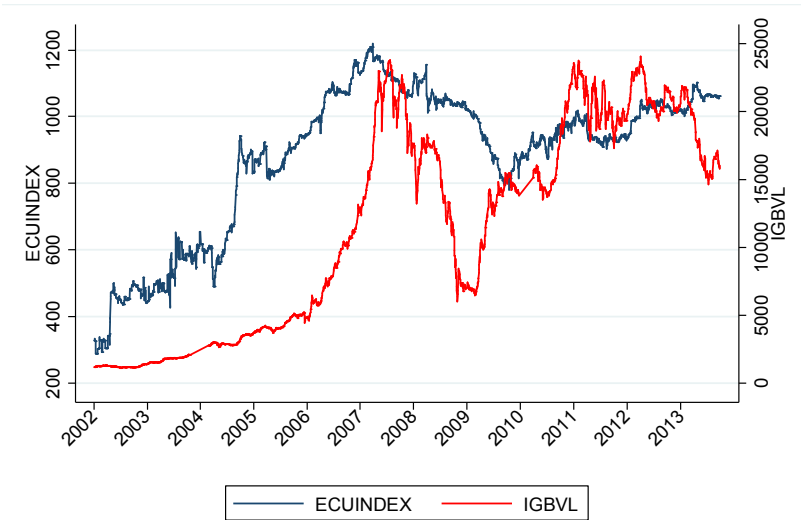
**Fuente:** YAHOO Finance. Bolsas de valores de cada país.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.



**Fuente:** YAHOO Finance. Bolsas de valores de cada país.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.



**Fuente:** YAHOO Finance. Bolsas de valores de cada país.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.

**Anexo H: Series de índices de precios internacionales vs ECUINDEX**

Índice	$r_1$	Coeficiente de Hurst		Índice de eficiencia
		R/S	DFA	
MERV	0.0711	0.5727	0.5452	0.0927
IBOVESPA	0.0000	0.502	0.4967	0.0039
COLCAP	0.1415	0.5647	0.5722	0.1200
IPSA	0.0690	0.6096	0.577	0.1383
ECUINDEX	-0.0908	0.4821	0.4468	0.0722
IPC_MXX	0.0795	0.5465	0.5795	0.1003
IGBVL	0.1639	0.4455	0.4713	0.1025
IBC	0.1288	0.7629	0.7586	0.3743

**Fuente:** YAHOO Finance. Bolsas de valores de cada país.

**Elaboración:** Leonardo Ochoa.